Editora Bernoulli

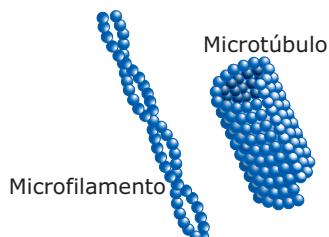
BIOLOGIA

Volume 04

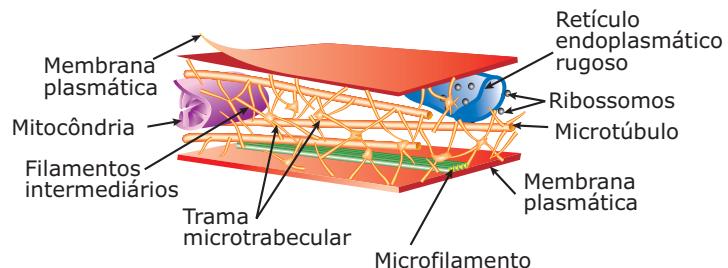
Sumário - Biologia

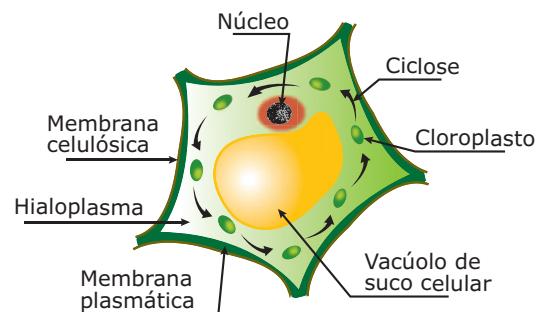
BIOLOGIA

Citoplasma

Nas células procariotas, o citoplasma (do grego *Kytos*, célula, e *plasma*, que dá forma, que modela) compreende toda a região interna da célula delimitada pela membrana plasmática; nas células eucariotas, é a região compreendida entre a membrana plasmática e a membrana nuclear.

Quando observado em microscopia óptica, o citoplasma apresenta um aspecto homogêneo. Entretanto, ao ser observado em microscopia eletrônica, revela a presença de diversas estruturas de aspectos diferentes.

COMPONENTES DO CITOPLASMA

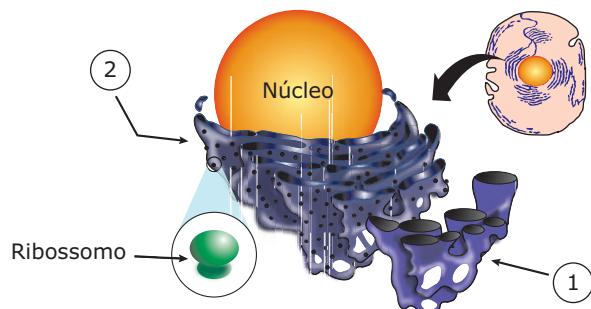
Hialoplasma

Também conhecido por matriz citoplasmática, citoplasma fundamental ou citosol, o hialoplasma está presente em qualquer tipo de célula e se constitui numa mistura formada por água, proteínas, aminoácidos, açúcares, ácidos nucleicos e íons minerais. É, na realidade, um sistema coloidal (coloide), no qual a fase dispersante é a água, e a fase dispersa é constituída, principalmente, de proteínas.

Três tipos de filamentos proteicos podem ser encontrados imersos no hialoplasma das células eucariotas: microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários.

Filamentos proteicos *– Os microfilamentos são constituídos de uma proteína contrátil chamada actina, embora às vezes encontre-se também outra proteína, a miosina. Os microtúbulos são constituídos de uma proteína chamada tubulina. Tanto os microfilamentos como os microtúbulos resultam da associação de proteínas globulares, que podem se juntar (polimerizar) ou se separar (despolimerizar) rapidamente no interior da célula. Os filamentos intermediários, formados por uma grande e heterogênea família de proteínas, estendem-se desde a região junto à membrana plasmática até o núcleo, aumentando a resistência da célula às tensões e ajudando na sustentação mecânica do núcleo e de organelas citoplasmáticas.*

Os microfilamentos, os microtúbulos e os filamentos intermediários formam uma complexa rede de finíssimos filamentos e túbulos entrelaçados e interligados, constituindo o chamado citoesqueleto.

Citoesqueleto *– O citoesqueleto é responsável pela manutenção da forma da célula eucariota e por determinados tipos de movimentos celulares, como a ciclose e os movimentos ameboides. As células procariotas não possuem citoesqueleto.*

O hialoplasma da porção mais interna do citoplasma (endoplasma) encontra-se em contínuo movimento de circulação, impulsionado pela contração rítmica de microfilamentos proteicos. Esse movimento de circulação, observado notadamente em células vegetais, tem o nome de ciclose e ajuda a distribuir substâncias através do citoplasma. A velocidade da ciclose pode aumentar ou diminuir em função de determinados fatores, como a temperatura: sua velocidade aumenta com a elevação da temperatura e diminui em temperaturas baixas.

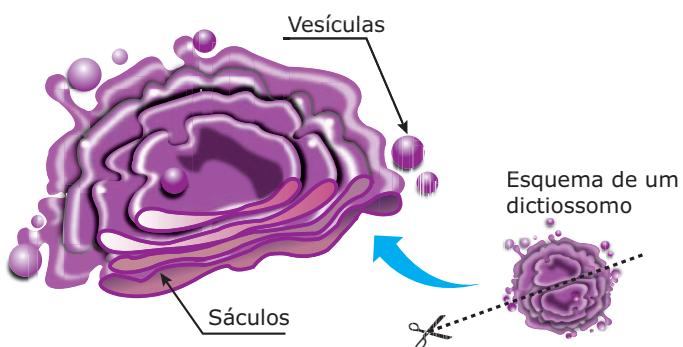
Ciclose *– Nas células vegetais, devido à presença do grande vacúolo de suco celular, o hialoplasma fica restrito a uma pequena faixa entre o vacúolo e a membrana plasmática, tornando a ciclose bastante evidente, deslocando núcleo e organelas, como mitocôndrias e cloroplastos. Graças à ciclose, as células vegetais são capazes de aproveitar melhor a quantidade de luz que recebem, espalhando os seus cloroplastos uniformemente no citoplasma, quando há pouca luz, e agrupando-os, quando há excesso de luz.*

Algumas células conseguem se deslocar através da formação de pseudópodes: é o chamado movimento ameboide, realizado pelas amebas, pelos macrófagos e pelos leucócitos. Os movimentos que levam à formação dos pseudópodes também são de responsabilidade dos microfilamentos.

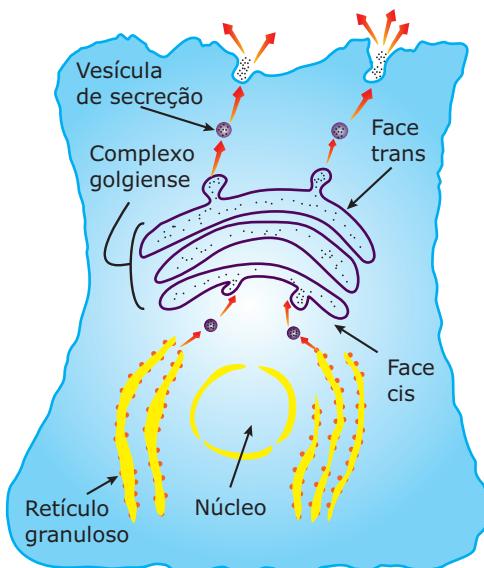
Os microtúbulos, além de participarem da formação do citoesqueleto, também participam da formação dos centríolos, do fuso da divisão celular e da formação dos cílios e flagelos.

No hialoplasma, ocorrem importantes reações do metabolismo celular, como as reações da glicólise (1ª etapa da respiração celular), nas quais a glicose é transformada em moléculas menores de ácido pirúvico. É também no hialoplasma que muitas substâncias de reserva, como as gorduras, o amido e o glicogênio, ficam armazenadas.

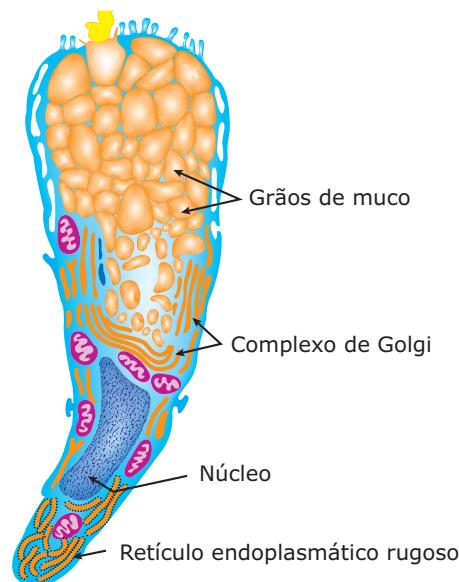
Retículo endoplasmático

Também chamado de retículo citoplasmático, é encontrado apenas em células eucariotas, sendo constituído de um sistema de túbulos (canalículos) e cisternas de paredes membranosas e intercomunicantes que percorre todo o citoplasma, estendendo-se muitas vezes desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear. É subdividido em não granuloso (liso) e granuloso (rugoso).

Retículo endoplasmático *– **1.** O não granuloso (liso, agranular) não possui ribossomos aderidos às suas paredes; **2.** O granuloso (rugoso, granular, ergastoplasma) possui ribossomos aderidos às suas paredes.*

Entre as funções desempenhadas pelo retículo endoplasmático, destacamos:

- **Transportar ou distribuir substâncias** através do citoplasma, auxiliando a circulação intracelular de partículas pelo interior de seus túbulos ou canalículos.
- **Facilitar o intercâmbio (troca) de substâncias** entre a célula e o meio extracelular, uma vez que muitos dos canalículos que o constituem estendem-se desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear.
- **Armazenar substâncias** – Substâncias produzidas no interior da célula ou vindas do meio extracelular podem ser armazenadas no interior do retículo endoplasmático até serem utilizadas pela célula. Isso acontece, por exemplo, nas células musculares, nas quais íons Ca^{++} ficam armazenados no interior do retículo até serem utilizados no mecanismo da contração muscular.
- **Neutralizar toxinas** – Nos hepatócitos (células do fígado), o retículo endoplasmático não granuloso absorve substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. É a atuação do retículo das células hepáticas (hepatócitos) que permite, por exemplo, eliminar parte do álcool, medicamentos e outras substâncias nocivas que ingerimos. Nos hepatócitos, portanto, o retículo endoplasmático realiza uma função de desintoxicação.
- **Sintetizar substâncias** – O retículo não granuloso destaca-se na fabricação de lipídios, principalmente esterídeos. Já o retículo granuloso, devido à presença dos ribossomos, destaca-se na síntese de proteínas.

Complexo golgiense (complexo de Golgi, sistema golgiense, aparelho de Golgi)

Encontrada apenas em células eucariotas, essa organela é, na realidade, uma região modificada do retículo endoplasmático liso, constituída de unidades denominadas sáculos lameliformes (dictiossomos, golgissomos).

Dictiossomo *– Cada dictiossomo é uma pilha de sáculos achatados de onde se desprendem pequenas vesículas. Nas células dos animais vertebrados, os dictiossomos concentram-se numa mesma região do citoplasma, que é variável de um tipo celular para outro. Nos neurônios, por exemplo, eles se concentram ao redor do núcleo (posição perinuclear); nas células glandulares, ficam entre o núcleo e o polo secretor (posição apical). Nas células dos vegetais, os dictiossomos estão separados e espalhados pelo citoplasma. Nesse caso, diz-se que o complexo golgiense é difuso (espalhado).*

Complexo golgiense *– Os sáculos lameliformes têm duas faces: cis e trans. A face cis (formativa) está voltada para o retículo endoplasmático, contendo as proteínas nele sintetizadas. A face trans (de maturação) está voltada para a membrana plasmática. Dela se desprendem as vesículas de secreções, contendo o material que foi processado no interior dos sáculos lameliformes.*

Célula caliciforme *– Como em toda célula secretora, nas células caliciformes, o retículo endoplasmático e o sistema golgiense são bastante desenvolvidos. Repare no sistema golgiense, localizado acima do núcleo. Dele saem vesículas de muco (grãos de muco) que, ao chegarem na superfície superior da célula, eliminam o muco no meio extracelular, por clasmocitose.*

Entre as funções realizadas pelo complexo golgiense, destacam-se:

- **Armazenamento de secreções** – Secreções são substâncias que as células produzem e "exportam" para o meio extracelular. As secreções, portanto, exercem suas ações em um outro local, e não no interior das células em que foram produzidas. As proteínas tipo "exportação", por exemplo, são sintetizadas no retículo endoplasmático granuloso e enviadas para o sistema golgiense, no qual são armazenadas para posterior eliminação, por clasmocitose, no meio extracelular.

- **Síntese de mucopolissacarídeos (muco)** – Mucopolissacarídeos são substâncias formadas pela associação de proteínas com polissacarídeos. Tais substâncias possuem um aspecto viscoso e são encontradas, por exemplo, nas nossas vias respiratórias e digestivas, exercendo função de proteção e de lubrificação das mucosas.

  Os mucopolissacarídeos são formados da seguinte maneira: no sistema golgiense, os monossacarídeos sofrem polimerização (ligam-se uns aos outros), formando polissacarídeos. Em seguida, esses polissacarídeos combinam-se com proteínas provenientes do retículo granuloso, formando-se, assim, as glicoproteínas que constituem os mucopolissacarídeos. Um bom exemplo de células produtoras de muco são as células caliciformes, encontradas, por exemplo, nas vias respiratórias.

- **Síntese de lipídios** – Em determinadas células, como nas células foliculares dos ovários, nas células de Leydig dos testículos e nas células do córtex das glândulas suprarrenais, o sistema golgiense está relacionado com a produção de lipídios esterídeos. Os hormônios sexuais, como o estrógeno e a testosterona, assim como os corticosteroides (hormônios do córtex das suprarrenais) são esterídeos produzidos no sistema golgiense das células.

- **Formação da lamela média nos vegetais** – A união de células vegetais vizinhas é feita através de uma espécie de "cimento" intercelular: a lamela média. Quimicamente, a lamela média é constituída de substâncias pécticas ou pectinas (pectatos de cálcio e magnésio), que são polissacarídeos associados a minerais. O sistema golgiense das células vegetais é a organela responsável pela secreção dessas substâncias.

- **Formação do acrossomo no espermatozoide** – O acrossomo é um corpúsculo encontrado na cabeça do espermatozoide contendo a enzima hialuronidase. A enzima hialuronidase é liberada por ocasião da fecundação, pois é necessária para promover a perfuração da camada de ácido hialurônico que envolve e protege o gameta feminino, permitindo, assim, a penetração do espermatozoide.

Formação do acrossomo *– **I.** Os sáculos lameliformes (dictiossomos) se agrupam ao redor do núcleo; **II.** Do complexo golgiense desprendem-se vesículas (grânulos) contendo a enzima hialuronidase; **III.** As vesículas originárias do complexo golgiense fundem-se, formando o acrossomo; **IV.** Espermatozoide com acrossomo.*

Mitocôndrias(os)

Estão presentes apenas no citoplasma de células eucariotas. São orgânulos esféricos, ovalados ou alongados, delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna.

Mitocôndria *– A membrana externa é lisa e contínua, a interna apresenta invaginações ou dobras denominadas cristas mitocondriais. Nas cristas mitocondriais, encontram-se as partículas elementares, enzimas que têm importante papel nas reações da cadeia respiratória. O espaço interno das mitocôndrias é preenchido por um material de consistência fluida, denominado matriz mitocondrial, constituído de água, carboidratos, íons minerais, moléculas de RNA e DNA. Imersos nessa matriz também são encontrados ribossomos (mitorribossomos).*

Apesar do seu tamanho reduzido, as mitocôndrias podem ser evidenciadas em microscopia óptica, uma vez que podem ser coradas em células vivas com o verde janus, corante específico para sua evidenciação.

O número de mitocôndrias numa célula é muito variável, oscilando entre algumas dezenas e várias centenas. Como as mitocôndrias relacionam-se com os processos energéticos (produção de ATP), quanto maior a atividade metabólica de uma célula, maior é o número de mitocôndrias. O conjunto de todas as mitocôndrias de uma célula tem o nome de condrioma.

As mitocôndrias, devido à presença de DNA em sua estrutura, são capazes de se autoduplicar. A autoduplicação ou duplicação das mitocôndrias recebe o nome de condriocinese.

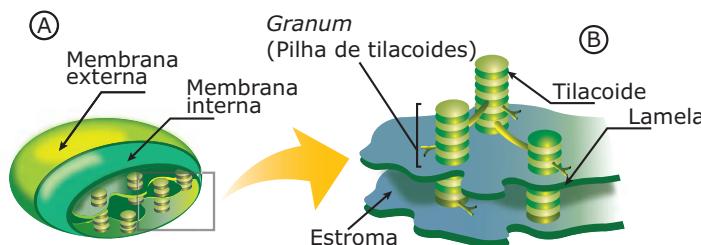
Quanto à função, as mitocôndrias estão diretamente envolvidas no processo da respiração celular aeróbica, que tem por objetivo a obtenção de energia para as atividades celulares.

A respiração celular possui três etapas básicas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. A glicólise ocorre no hialoplasma, enquanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória, nas células eucariotas, realizam-se nas mitocôndrias. O ciclo de Krebs realiza-se na matriz mitocondrial e a cadeia respiratória, nas cristas mitocondriais.

Plastos (plastídeos)

Encontrados apenas em células eucariotas vegetais, os plastos estão subdivididos em dois grandes grupos: leucoplastos e cromoplastos.

A) **Leucoplastos** – São incolores, isto é, desprovidos de pigmentos (apigmentados) e relacionam-se com armazenamento de reservas nutritivas. Para cada tipo de substância nele armazenada, há uma denominação especial: amiloplastos (armazenam amido), oleoplastos (armazenam óleos) e proteoplastos (armazenam proteínas).

B) **Cromoplastos** – São coloridos, isto é, possuem pigmentos (pigmentados). Relacionam-se com a absorção de luz e com a fotossíntese. De acordo com a sua coloração, recebem uma denominação especial: cloroplastos (verdes, devido à presença do pigmento verde clorofila), xantoplastos (amarelos, devido à presença do pigmento amarelo xantofila) e eritroplastos (vermelhos, devido à presença do pigmento vermelho licopeno, ficoeritrina ou eritrofila).

Numa célula vegetal, podem existir diferentes tipos de plastos e o conjunto de todos eles recebe o nome de plastidoma.

De todos os tipos de plastos, os cloroplastos são os mais importantes, uma vez que neles ocorre a reação de fotossíntese.

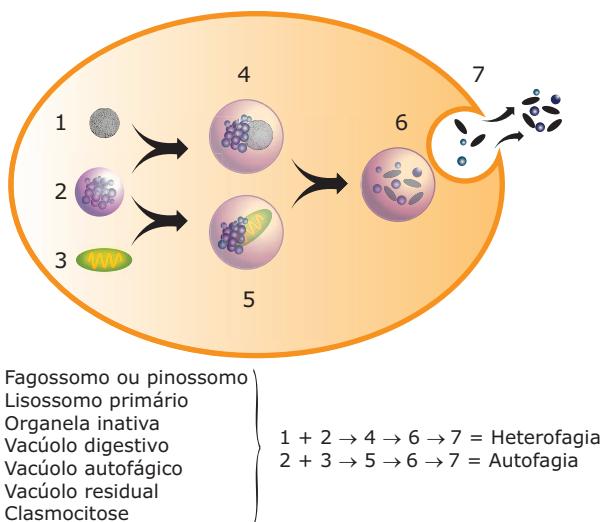
A fotossíntese tem por objetivo sintetizar glicose a partir de compostos inorgânicos, como água e gás carbônico, utilizando energia luminosa. Possui duas etapas básicas: fase clara e fase escura. Nas células eucariotas fotossintetizantes, essa reação ocorre nos cloroplastos. A fase clara tem lugar nos *grana*, enquanto a fase escura realiza-se no estroma.

Os cloroplastos podem apresentar morfologia variada: em certas algas, podem ser espiralados ou estrelados; nas células dos vegetais superiores, normalmente são esféricos ou ovoides.

Os plastos podem se transformar uns nos outros. Assim, cloroplastos podem se transformar em xantoplastos, em eritroplastos (no processo de amadurecimento de certos frutos, por exemplo) e, pela ausência de luz, em leucoplastos.

Cloroplastos *– Quanto à sua estrutura, os cloroplastos estão delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna. A membrana interna forma invaginações (dobras) para o interior da organela. Essas dobras se dispõem paralelamente e recebem o nome de lamelas. Sobre essas lamelas, encontramos pequenas estruturas discoides, constituídas de clorofila, denominadas tilacoides. Os tilacoides se dispõem uns sobre os outros, formando pilhas. Cada pilha de tilacoides recebe o nome de* granum, *cujo plural é* grana. *O espaço interno do cloroplasto é preenchido por uma mistura denominada estroma, constituída de água, proteínas, carboidratos, lipídios, RNA e DNA. No estroma, também existem ribossomos. A presença de DNA nessa organela justifica a sua capacidade de autoduplicação, e a presença de ribossomos permite a realização de síntese de proteínas em seu interior.* ***A.*** *Representação de um cloroplasto visto ao microscópio eletrônico (M/E).* ***B.*** *Ilustração indicando os* grana *formados pelos tilacoides. Observe que os tilacoides se intercomunicam.*

Lisossomos(as)

São pequenas vesículas delimitadas por membrana lipoproteica, originárias do sistema golgiense, contendo enzimas digestivas (hidrolíticas) que têm atividade máxima em meio ácido. Por isso, também são genericamente denominadas de hidrolases ácidas. Essas enzimas são produzidas no retículo endoplasmático granuloso e daí vão para o sistema golgiense, do qual desprendem pequenas vesículas, os lisossomos, contendo as referidas enzimas. As enzimas lisossômicas são ativas em meio ácido (pH entre 4,5 e 5,0). A acidez do interior do lisossomo é obtida através do bombeamento de íons H^+ para o interior dessas organelas. Na membrana do lisossomo, existe uma enzima que, utilizando energia liberada de ATP, bombeia íons H^+ para dentro dos lisossomos. Como o hialoplasma é um meio neutro (pH = 7,0), se a membrana de um lisossomo se rompe liberando suas enzimas, isso não acarretará grandes danos à célula, uma vez que as enzimas lisossômicas são pouco ativas em meio neutro. Entretanto, havendo ruptura simultânea de muitos lisossomos, haverá extravasamento excessivo de enzimas, podendo pôr em risco a integridade da célula, levando inclusive à sua morte.

Os lisossomos são organelas típicas de células eucariotas animais e têm como função realizar a digestão intracelular. Essa digestão pode ser dos tipos: heterofagia e autofagia.

- **Heterofagia (digestão heterofágica)** – Consiste na digestão de material exógeno, isto é, material proveniente do meio extracelular e que penetra na célula por endocitose (fagocitose ou pinocitose). Trata-se, portanto, da digestão do fagossomo ou do pinossomo.

  Uma vez dentro da célula, o fagossomo (ou o pinossomo) junta-se a um lisossomo (lisossomo primário) e, dessa união, surge o vacúolo digestivo ou lisossomo secundário. No interior do vacúolo digestivo, o material englobado por fagocitose ou pinocitose é digerido pelas enzimas lisossômicas. Os nutrientes resultantes dessa digestão são liberados no hialoplasma e aproveitados pela célula. O material que não foi digerido, isto é, as sobras ou resíduos dessa digestão, permanece dentro do vacúolo que passa então a ser chamado de vacúolo residual ou corpo residual. Uma vez formado, o vacúolo residual funde-se à membrana plasmática da célula e, por clasmocitose, libera os resíduos no meio extracelular. Alguns autores chamam essa clasmocitose realizada pelo vacúolo residual de defecação celular.

- **Autofagia (digestão autofágica)** – Consiste na digestão de material endógeno, isto é, material do próprio meio intracelular. Às vezes, certas organelas citoplasmáticas tornam-se inativas, deixando de realizar suas funções. Nesse caso, a organela inativa será digerida pelas enzimas lisossômicas. Na autofagia, o lisossomo primário junta-se à organela inativa, formando o vacúolo autofágico ou autofagossomo. No vacúolo autofágico, a organela é digerida. Os nutrientes provenientes dessa digestão são repassados para o hialoplasma e aproveitados pela célula, enquanto as "sobras" contidas no vacúolo residual são eliminadas, por clasmocitose, no meio extracelular.

1. Fagossomo ou pinossomo
2. Lisossomo primário
3. Organela inativa
4. Vacúolo digestivo
5. Vacúolo autofágico
6. Vacúolo residual
7. Clasmocitose

1 + 2 → 4 → 6 → 7 = Heterofagia
2 + 3 → 5 → 6 → 7 = Autofagia

Heterofagia e autofagia: os processos de digestão celular são compostos por várias etapas.

Os lisossomos também estão relacionados com o processo da autólise (citólise), fenômeno que consiste na destruição da célula por suas próprias enzimas, ou seja, é uma autodestruição celular. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma ruptura da membrana de vários lisossomos com consequente extravasamento das suas enzimas para o hialoplasma. Em contato direto com o hialoplasma, as enzimas lisossômicas iniciam o processo de digestão de toda a célula.

A autólise é um processo que ocorre, normalmente, após a morte do organismo. Após a nossa morte, por exemplo, as células entram em processo de autólise (autodestruição), o que, aliás, justifica, em parte, a degeneração cadavérica. Sabe-se que, assim que a célula morre, os lisossomos se rompem aos poucos, liberando suas enzimas que, evidentemente, aceleram o processo de degradação do material celular, simultaneamente à ação dos micro-organismos decompositores.

A autólise também acontece em alguns processos patológicos (doenças), como na silicose. Na silicose, doença pulmonar causada pela inalação constante de pó de sílica, muito comum em trabalhadores de pedreiras e minas, as partículas de sílica perfuram a membrana lisossômica das células pulmonares e, assim, há o extravasamento das enzimas que, então, iniciam o processo de autólise que leva à destruição e à morte das células pulmonares.

Peroxissomos(as)

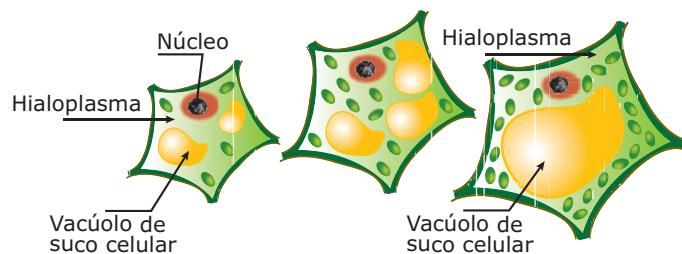
São pequenas vesículas membranosas encontradas em células eucariotas de animais e vegetais. Tais vesículas armazenam em seu interior determinadas enzimas, as oxidases, que catalisam reações que modificam substâncias tóxicas, tornando-as inofensivas para as células.

Nas células dos rins e do fígado, por exemplo, existem grandes peroxissomos que têm importante papel na destruição de moléculas tóxicas, como o etanol das bebidas alcoólicas ingeridas pelo organismo. Aproximadamente 25% do álcool ingerido pelo ser humano são degradados pelos peroxissomos. O restante é degradado pelo retículo endoplasmático não granuloso. Nas reações de degradação das moléculas tóxicas que ocorrem nos peroxissomos, átomos de hidrogênio presentes na molécula da substância tóxica são transferidos ao oxigênio, originando, como resíduo, a água oxigenada ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Entretanto, a água oxigenada formada como subproduto dessas reações também é uma substância tóxica para a célula, tendo, inclusive, ação mutagênica. No entanto, nos peroxissomos, também existe uma enzima, a catalase, que rapidamente promove o desdobramento da água oxigenada, transformando-a em água e em oxigênio.

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} 2H_2O + O_2$$

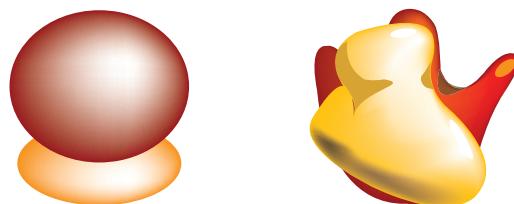
Desdobramento da água oxigenada pela catalase – *A atividade da catalase é importante porque o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que se forma nos peroxissomos é um oxidante energético e prejudicaria a célula se não fosse rapidamente transformado.*

Um tipo particular de peroxissomo, os glioxissomos, é encontrado em células vegetais de sementes oleaginosas (algodão, amendoim, girassol, etc.). Os glioxissomos possuem oxidases que atuam em reações que transformam lipídios (armazenados como reservas de alimento) em açúcares, que são utilizados como fontes de energia para o metabolismo celular. A glicose produzida a partir dos lipídios de reserva nas sementes é distribuída para a plântula em formação e serve de fonte energética até que os cloroplastos se formem nas folhas jovens e iniciem a fotossíntese.

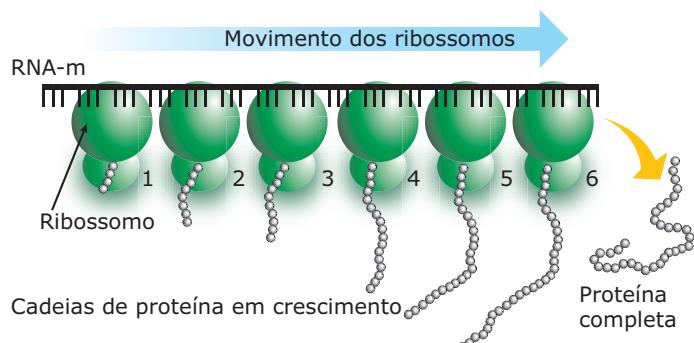
Vacúolos

São vesículas membranosas de diferentes tamanhos e relacionadas com diferentes funções. subdividem-se em:

A) **Vacúolos relacionados com os processos de digestão intracelular** – Nesse grupo, temos os vacúolos alimentares (fagossomos e pinossomos), os vacúolos digestivos, os vacúolos autofágicos e os vacúolos residuais.

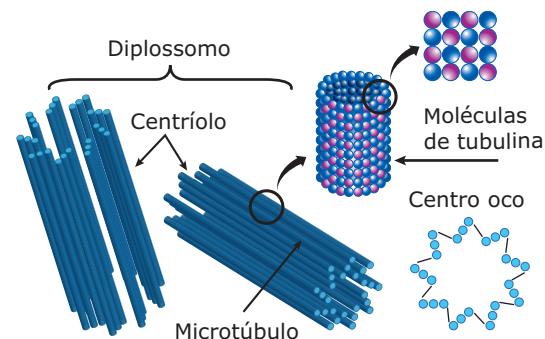
B) **Vacúolos contráteis ou pulsáteis** – Aparecem em seres unicelulares dulcícolas desprovidos de parede celular e têm a finalidade de bombear, por transporte ativo, água para o meio extracelular, impedindo, assim, que a célula "estoure" devido ao excesso de água em seu interior.

C) Vacúolos de suco celular ou vacúolos vegetais – São encontrados apenas em células eucariotas vegetais. Estão delimitados por uma membrana lipoproteica, denominada tonoplasto, e contêm em seu interior o suco vacuolar, solução aquosa na qual, muitas vezes, estão dissolvidos açúcares, sais minerais e pigmentos.

Vacúolo de suco celular – *Nas células vegetais jovens, os vacúolos de suco celular são pequenos e numerosos. À medida que a célula vai se desenvolvendo, os vacúolos se fundem uns com os outros, formando vacúolos maiores. Assim, na célula vegetal adulta, normalmente aparece um único e volumoso vacúolo de suco celular que ocupa uma grande área do citoplasma. Esse vacúolo na célula adulta é um reservatório de água, sais, pigmentos e açúcares. A concentração da solução existente dentro desse vacúolo exerce importante papel no mecanismo osmótico da célula vegetal.*

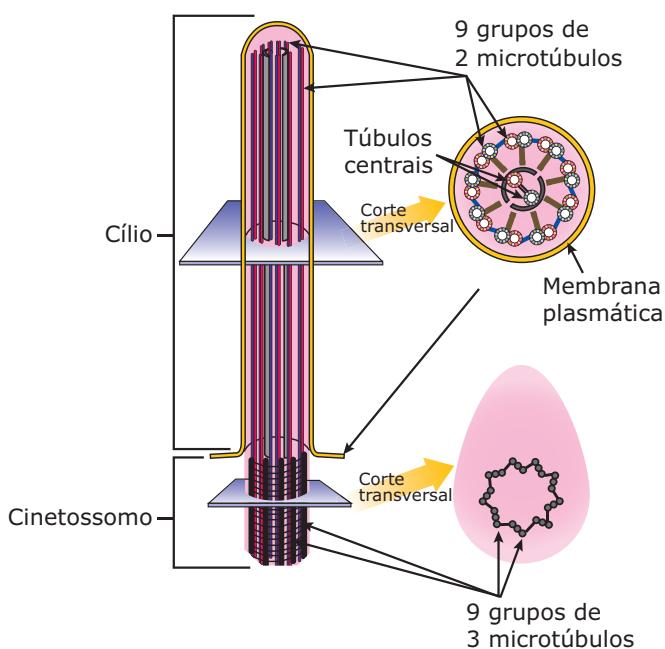
Ribossomos(as)

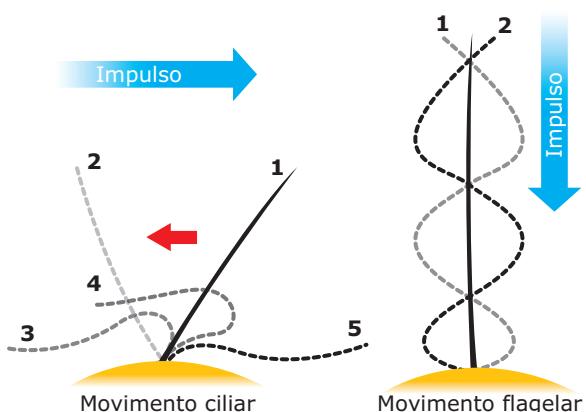
Estruturas não membranosas, encontradas em células procariotas e eucariotas. Foram descobertos em 1953 por George Palade, razão pela qual foram inicialmente denominados grânulos de Palade. São pequenos grânulos de ribonucleoproteínas, uma vez que são constituídos de RNA-r e proteínas.

Ribossomo – *Cada ribossomo é formado por duas subunidades, uma maior e outra menor.*

Nas células procariotas, os ribossomos são encontrados dispersos pelo hialoplasma. Nas eucariotas, além de serem encontrados dispersos pelo hialoplasma, também estão presentes aderidos às paredes do retículo endoplasmático rugoso, na matriz mitocondrial e no estroma dos cloroplastos.

A função dos ribossomos é a síntese de proteínas. Para exercer essa função, precisam estar ligados a uma fita de RNA-m. Muitas vezes, vários ribossomos ligam-se a uma mesma molécula de RNA-m. O complexo formado pela molécula de RNA-m e pelos diversos ribossomos a ela associados recebe o nome de polissomo ou polirribossomo. No polissomo, todos os ribossomos percorrem a mesma fita de RNA-m e, assim, os peptídeos por eles produzidos serão idênticos, uma vez que terão a mesma sequência de aminoácidos.

Polirribossomo – *Observe que os diversos ribossomos, por estarem em diferentes pontos do RNA-m, estão com sua cadeia peptídica em fases diferentes de formação. O ribossomo 1 percorreu um número menor de códons e, por isso, está com um peptídio menor. Ao contrário, o ribossomo 6 está com a cadeia peptídica já formada e se soltará em seguida do RNA-m.*

Centríolos

Estruturas não membranosas encontradas em células eucariotas de animais e de vegetais (exceto angiospermas).

Em geral, a célula apresenta um par de centríolos dispostos perpendicularmente um ao outro, ocupando, normalmente, uma posição próxima ao núcleo celular em uma região denominada centro celular (centrossomo). Esse par de centríolos é denominado diplossomo.

Centríolos – *Cada centríolo é formado por 27 túbulos proteicos, organizados em nove grupos de três túbulos cada. Esses túbulos proteicos são, na realidade, microtúbulos, constituídos de proteínas denominadas tubulinas. Tem sido descrita, também, a ocorrência de duas outras proteínas: a nexina e a dineína, que fazem a ligação entre os dois centríolos constituintes do diplossomo, bem como a ligação entre os microtúbulos de cada centríolo.*

Os centríolos podem se duplicar por montagem molecular, isto é, podem orientar a formação de novos microtúbulos a partir da associação de moléculas de tubulinas e, consequentemente, formar novos centríolos.

Nas células eucariotas, os centríolos são responsáveis pela formação dos cílios e flagelos, estruturas filamentosas móveis que se projetam da superfície celular. Os cílios e os flagelos são centríolos modificados. A parte basal dos cílios e dos flagelos é denominada cinetossomo (corpúsculo basal) e tem a mesma estrutura do centríolo.

Cílios e flagelos *– Um corte transversal no cinetossomo mostra uma estrutura idêntica à do centríolo, isto é, nove grupos de três túbulos proteicos cada. Do cinetossomo, dois túbulos de cada grupo de três alongam-se, empurrando a membrana plasmática, ocorrendo, ainda, a formação de um par de túbulos na região central. Assim, um corte transversal na parte do cílio ou flagelo que se exterioriza (que sai para o meio extracelular) mostra uma estrutura formada por nove grupos de dois túbulos proteicos cada e dois túbulos centrais. Alguns autores costumam empregar o esquema numérico 9 + 2 para designar a estrutura dos cílios e flagelos, e o esquema 9 + 0 para representar a organização dos túbulos no centríolo.*

Os cílios e flagelos das células eucariotas têm a mesma origem e a mesma estrutura interna. A diferença entre eles deve-se, basicamente, a três fatores: os cílios são mais curtos que os flagelos; os cílios são mais numerosos do que os flagelos; o movimento dos cílios é diferente do movimento flagelar, como mostra a figura a seguir:

O movimento dos cílios é diferente do movimento dos flagelos

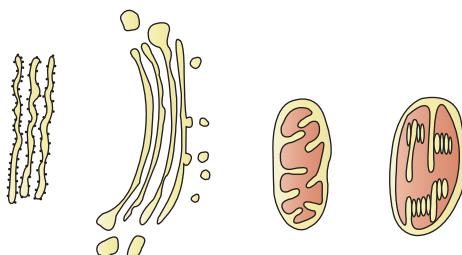
LEITURA COMPLEMENTAR

Apoptose

A apoptose é um fenômeno que consiste na morte celular geneticamente programada como parte de um processo normal, ou seja, é uma autodestruição celular geneticamente programada. Muitas células, durante os diferentes processos de formação dos organismos pluricelulares, são programadas para morrer. Uma das razões da apoptose é o fato de a célula, em determinado momento, não ser mais necessária ao organismo. Por exemplo, antes do nascimento, o feto humano apresenta mãos com membrana interdigital (entre os dedos). Com a continuidade do desenvolvimento, as células que constituem essa membrana sofrem apoptose e desaparecem.

A apoptose também acontece nas alterações estruturais que se verificam na metamorfose de certos animais. É por apoptose, por exemplo, que ocorre o desaparecimento da cauda do girino (larva do sapo) quando ele começa a transformar-se num animal adulto. Na apoptose, a célula fragmenta-se em vesículas revestidas por membranas denominadas corpos apoptóticos. Por serem revestidos por membranas, esses fragmentos são reconhecidos e fagocitados por macrófagos ou por células vizinhas. Assim, as células que morrem por apoptose são removidas do tecido sem que haja extravasamento do conteúdo celular, o que evita a ocorrência de proceso inflamatório. Quando danificadas por substância tóxica, veneno ou então quando são privadas de nutrientes essenciais, as células morrem por necrose e se rompem, liberando seu conteúdo no meio extracelular, o que frequentemente resulta em inflamação. Na morte celular por apoptose, não ocorre esse extravasamento.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (VUNESP) Se fôssemos comparar a organização e o funcionamento de uma célula eucarionte com o que ocorre em uma cidade, poderíamos estabelecer determinadas analogias. Por exemplo, a membrana plasmática seria o perímetro urbano e o hialoplasma corresponderia ao espaço ocupado pelos edifícios, ruas e casas com seus habitantes.

O quadro reúne algumas similaridades funcionais entre cidade e célula eucarionte.

Cidade	Células eucariontes
I. Ruas e avenidas	1. Mitocôndrias
II. Silos e armazéns	2. Lisossomos
III. Central elétrica (energética)	3. Retículo endoplasmático
IV. Casas com aquecimento solar	4. Complexo de Golgi
V. Restaurantes e lanchonetes	5. Cloroplastos

Correlacione os locais da cidade com as principais funções correspondentes às organelas celulares e assinale a alternativa **CORRETA**.

A) I-3, II-4, III-1, IV-5 e V-2

B) I-4, II-3, III-2, IV-5 e V-1

C) I-3, II-4, III-5, IV-1 e V-2

D) I-1, II-2, III-3, IV-4 e V-2

E) I-5, II-4, III-1, IV-3 e V-2

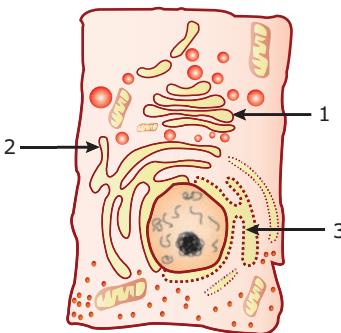
02. (UFMG) Que alternativa indica as funções correspondentes aos organoides celulares representados?

A) Respiração, fotossíntese, síntese proteica, armazenamento de secreção.

B) Síntese proteica, armazenamento de secreção, respiração, fotossíntese.

C) Armazenamento de secreção, síntese proteica, fotossíntese, respiração.

D) Síntese proteica, respiração, armazenamento de secreção, fotossíntese.

E) Fotossíntese, armazenamento de secreção, respiração, síntese proteica.

03. (PUC Minas) Estão especificamente relacionados com a ciclose os

A) cloroplastos.

B) dictiossomos.

C) microfilamentos.

D) pseudópodes.

E) vacúolos.

04. (PUC Minas) Encontram-se só em células procariotas e só em células eucariotas, respectivamente,

1. Parede celular
2. Tonoplasto
3. Retículo endoplasmático
4. Mitocôndria
5. Plastídeo
6. Ribossomo

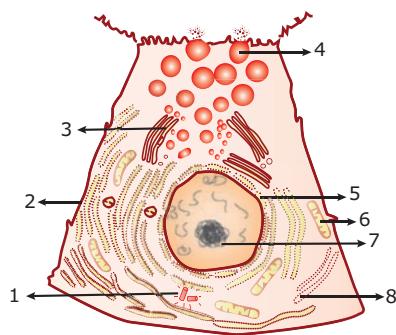
A) 1 das estruturas acima – apenas 3 delas.

B) 1 das estruturas acima – apenas 5 delas.

C) 2 das estruturas acima – apenas 6 delas.

D) 3 das estruturas acima – apenas 6 delas.

E) nenhuma das estruturas acima – apenas 4 delas.

05. (UFF-RJ) Observe as três organelas indicadas na figura:

Assinale a alternativa que, relativamente a cada uma dessas organelas, apresenta sua identificação seguida de uma de suas funções.

A) 1 – retículo endoplasmático liso – síntese de lipídios; 2 – retículo endoplasmático rugoso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3 – Complexo de Golgi – secreção celular.

B) 1 – Complexo de Golgi – síntese de proteínas; 2 – retículo endoplasmático rugoso – secreção celular; 3 – retículo endoplasmático liso – transporte de substâncias.

C) 1 – Complexo de Golgi – origem dos lisossomos; 2 – retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3 – retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas.

D) 1 – Complexo de Golgi – secreção celular; 2 – retículo endoplasmático liso – síntese de proteínas; 3 – retículo endoplasmático rugoso – síntese de lipídios.

E) 1 – retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 2 – retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas; 3 – Complexo de Golgi – secreção celular.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) O esquema representa um modelo de célula com alguns de seus componentes numerados de 1 a 8.

Com relação aos componentes indicados, a alternativa totalmente **CORRETA** é:

A) 1 caracteriza células vegetais e 2 é a membrana celular.
B) 3 é o retículo endoplasmático liso e 4 é um lisossomo.
C) 5 e 7 ocorrem em células procariotas e eucariotas.
D) 6 realiza a fotossíntese.
E) 8 é local de síntese de macromoléculas orgânicas.

02. (UFMG) Dos componentes a seguir relacionados, estão diretamente envolvidos na síntese de proteínas e glicose

A) lisossomo e retículo endoplasmático rugoso.
B) plastídeos e aparelho de Golgi.
C) ribossomos e retículo endoplasmático rugoso.
D) ribossomos e plastídeos.
E) matriz citoplasmática e aparelho de Golgi.

03. (UECE–2010) Relacione as informações contidas na coluna 1 – organelas celulares – com seus respectivos processos fisiológicos, listados na coluna 2.

Coluna 1 – Organelas	Coluna 2 – Processos fisiológicos
1. Ribossomo 2. Mitocôndria 3. Lisossomo 4. Complexo golgiense 5. Retículo endoplasmático agranular	I. Respiração celular II. Eliminação de substâncias, processo denominado secreção celular. III. Síntese de proteínas IV. Autofagia V. Destruição de diversas substâncias tóxicas, entre elas o álcool.

A sequência que correlaciona **CORRETAMENTE** as duas colunas, de cima para baixo, é a seguinte:

A) 1-III, 2-I, 3-IV, 4-II, 5-V
B) 1-I, 2-II, 3-V, 4-III, 5-IV
C) 1-III, 2-I, 3-V, 4-IV, 5-II
D) 1-I, 5-IV, 3-V, 4-II, 2-III

04. (PUC Minas) Em um procarionte, os lisossomos

A) contêm poucas enzimas hidrolíticas.
B) possuem enzimas oxidativas.
C) são de aspecto morfológico diferente dos eucariontes.
D) têm propriedades de síntese.
E) não são encontrados.

05. (PUC Minas) O processo de renovação celular em que orgânulos envelhecidos, não funcionais, são digeridos pelos lisossomos, com possível aproveitamento do material digerido, é chamado de

A) heterofagia.
B) clasmocitose.
C) autofagia.
D) fagocitose.
E) autólise.

06. (PUC RS–2010) Em uma pesquisa, um biólogo introduziu no citoplasma de amebas certa droga capaz de despolimerizar as proteínas do citoesqueleto. Em suas observações, ele notou que as amebas desprovidas de citoesqueleto íntegro ficavam impedidas de realizar muitas funções, **EXCETO**

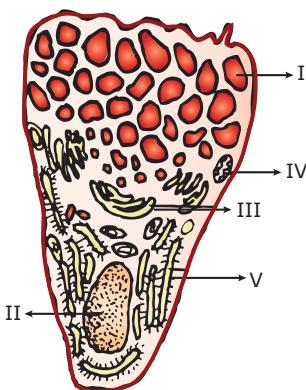
A) locomoção.
B) divisão.
C) fagocitose.
D) exocitose.
E) osmose.

07. (PUC Minas) "Partículas de sílica perfuram a membrana do lisossomo e as enzimas liberadas destroem os componentes da célula, levando-a à morte."

Os organoides responsáveis pela produção dessas enzimas e formação da vesícula citada são, respectivamente,

A) retículo liso e retículo rugoso.
B) retículo rugoso e retículo liso.
C) complexo de Golgi e centríolos.
D) mitocôndria e complexo de Golgi.
E) retículo rugoso e complexo de Golgi.

08. (Cesgranrio) A propósito de cílios e flagelos, é **CORRETO** afirmar que

A) os cílios são responsáveis pela locomoção de procariotos e os flagelos, de eucariotos.
B) só se encontram os cílios em relação com o movimento vibrátil de células fixas e flagelos em relação com a locomoção de seres unicelulares.
C) ambos são estruturas de função idêntica, que se distinguem por diferenças quanto ao tamanho e ao número por célula.
D) os cílios determinam a movimentação de fluidos extracelulares, o que não pode ser realizado pelos flagelos.
E) o movimento flagelar é ativo e consome energia, em oposição ao movimento ciliar, que é passivo e provocado pelas correntes líquidas intracitoplasmáticas.

09. (PUC-Campinas-SP) Considere os seguintes eventos numa célula produtora de mucopolissacarídeos:

I. Síntese de polipeptídeos.

II. Combinação de açúcares com os polipeptídeos.

III. Formação dos grãos de secreção.

O complexo de Golgi é responsável apenas por

A) I.

B) II.

C) III.

D) I e II.

E) II e III.

10. (FCMMG)

A célula esquematizada na figura anterior é responsável pela síntese e secreção de uma glicoproteína. O local da síntese e da formação das vesículas de secreção são representados, respectivamente, pelas organelas de números

A) IV e II.

B) IV e III.

C) V e III.

D) V e IV.

11. (FCMMG) A silicose é uma grave doença, com perda progressiva da capacidade ventilatória dos pulmões, encontrada comumente em trabalhadores de minas. Partículas de sílica destroem uma organela citoplasmática, causando o extravasamento de enzimas, que leva à morte celular.

A organela anteriormente referida é o (a)

A) lisossoma.

B) mitocôndria.

C) complexo de Golgi.

D) retículo endoplasmático.

12. (PUC Minas) Observando-se uma célula vegetal viva ao microscópio óptico, é possível observar os cloroplastos em movimento. Assinale a alternativa que **MELHOR** explica esse movimento.

A) Na verdade, o movimento é do líquido citoplasmático, e os cloroplastos são apenas carregados por esse movimento.

B) Os cloroplastos, como partículas originadas dos protozoários, são dotados de pseudópodes.

C) O movimento é apenas aparente. Na célula vegetal, todas as estruturas são fixas.

D) A passagem de luz através da célula vegetal aumenta a fotossíntese. O movimento observado são bolhas de oxigênio liberado que simulam cloroplastos.

E) O movimento dos cloroplastos é real, chama-se ciclose e é causado pela presença da parede de celulose.

13. (PUC Minas) Autofagia e autólise

A) são denominações diferentes para o mesmo fenômeno.

B) são fenômenos diferentes, sendo que, no primeiro, a célula capta partículas nutritivas do meio extracelular.

C) são fenômenos diferentes, sendo que, no segundo, a célula é destruída pela ruptura dos lisossomos.

D) constituem o mesmo tipo de fenômeno, em que a célula busca alimento no meio extracelular.

E) constituem o mesmo tipo de fenômeno, sendo que o primeiro corresponde à fagocitose e o segundo, à pinocitose.

14. (Unicamp-SP) No citoplasma das células, são encontradas diversas organelas, cada uma com funções específicas, mas interagindo e dependendo das outras para o funcionamento celular completo. Assim, por exemplo, os lisossomos estão relacionados ao complexo de Golgi e ao retículo endoplasmático rugoso, e todos às mitocôndrias.

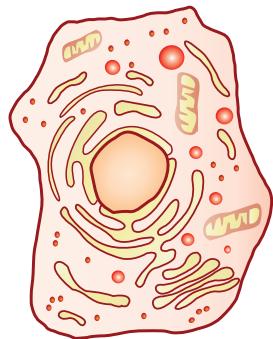
A) **EXPLIQUE** que relação existe entre lisossomos e complexo de Golgi.

B) Qual a função dos lisossomos?

C) Por que todas as organelas dependem das mitocôndrias?

SEÇÃO ENEM

01. Um aluno, após ter estudado a organização celular de seres eucariontes e procariontes, elaborou um quadro indicando com os sinais (+) e (–), respectivamente, a presença ou a ausência da estrutura em cada tipo de célula.

Estrutura celular	Célula procariota	Célula eucariota	
		Animal	Vegetal
Membrana plasmática	+	+	+
Retículo endoplasmático	–	+	+
Complexo golgiense	–	+	+
Ribossomos	–	+	+
Plastos	–	–	+
Mitocôndrias	–	+	–

O aluno, ao construir o quadro, cometeu quantos erros?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

02. Até a metade do século passado, só era possível observar células ao microscópio óptico.

Com a evolução da tecnologia, novos aparelhos passaram a ser empregados no estudo da célula.

Hoje em dia, são utilizados microscópios informatizados e programas que permitem o processamento de imagens obtidas, como as representadas na figura a seguir:

O uso de novas técnicas vem aumentando cada vez mais e possibilitando a descoberta de novas estruturas, com ótimas perspectivas para uma melhor compreensão das doenças e um maior investimento na profilaxia e tratamento das mesmas.

Em relação à estrutura mostrada, podemos concluir que

A) a célula em questão pode ser a de uma bactéria.
B) neurônios, células musculares e células da pele não apresentam a estrutura básica mostrada anteriormente.
C) o sistema de membranas da célula garante o bom funcionamento das reações químicas, assim como o ideal armazenamento de moléculas.
D) as células não possuem nenhuma relação com as doenças.
E) as proteínas e os lipídios não fazem parte da composição da célula em questão.

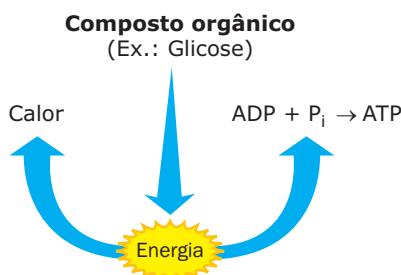
GABARITO

Fixação

01. A 02. B 03. C 04. E 05. C

Propostos

01. E
02. D
03. A
04. E
05. C
06. E
07. E
08. C
09. E
10. C
11. A
12. A
13. C
14. A) Os lisossomos são produzidos como vesículas que se destacam das bolsas (cisternas, sáculos) do complexo de Golgi.
B) Digestão intracelular.
C) Porque as funções que gastam energia, realizadas pelas organelas celulares, usam energia na forma de ATP, que é produzido, em sua maioria, nas mitocôndrias.

Seção Enem

01. B 02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 08 FRENTE A

Respiração celular e fermentação

Respiração celular e fermentação são processos de obtenção de energia a partir de compostos orgânicos. Consistem numa série de reações químicas que visam à degradação ("quebra") de moléculas orgânicas no interior da célula, com o objetivo de liberar a energia nelas contida. Parte dessa energia irradia-se para o meio sob a forma de calor e parte é utilizada na síntese de moléculas de ATP, nas quais fica armazenada até ser utilizada numa atividade. Assim, o objetivo da respiração celular e da fermentação é a síntese de moléculas de ATP.

Composto orgânico
(Ex.: Glicose)

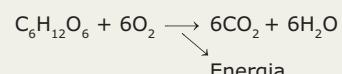
Calor

ADP + P_i → ATP

Energia

Os compostos orgânicos utilizados no processo de obtenção de energia estão representados principalmente pelos carboidratos, notadamente a glicose. No entanto, na carência de carboidratos, as células passam a utilizar lipídios e, na falta destes, chegam a lançar mão das proteínas para obtenção de energia.

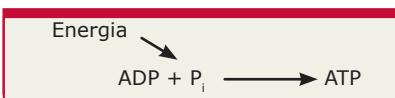
O O_2 pode participar ou não como um dos reagentes dessas reações que visam à obtenção de energia. Quando o O_2 participa, diz-se que o processo é aeróbio (aeróbico); quando não há participação do O_2, o processo é dito anaeróbio (anaeróbico). A respiração pode ser aeróbia ou anaeróbia, já a fermentação é um processo anaeróbio.

Existem células que só realizam processo aeróbio; outras que só realizam o processo anaeróbio; e, ainda, existem aquelas que podem realizar as duas modalidades. Assim, podemos classificar as células em:

- **Aeróbias estritas –** Só realizam o processo aeróbio. Na ausência de O_2, morrem. A maioria das células do nosso corpo está incluída nessa categoria.
- **Anaeróbias estritas ou obrigatórias –** Só realizam o processo anaeróbio. A presença do O_2, inclusive, lhes é prejudicial, chegando a matá-las. Isso acontece, por exemplo, com células de alguns micro-organismos, como é o caso do *Clostridium tetani*, bactéria causadora do tétano.
- **Anaeróbias facultativas –** São capazes de realizar processo aeróbio e anaeróbio, conforme tenham ou não à sua disposição o O_2. Na presença de O_2, realizam o processo aeróbio; na ausência de O_2, passam a obter energia por processo anaeróbio. Isso é feito, por exemplo, por nossas células musculares esqueléticas.

RESPIRAÇÃO AERÓBIA

No metabolismo celular, normalmente, a respiração aeróbia é feita a partir da glicose. Trata-se de uma reação exergônica que pode ser representada de forma simplificada através da seguinte equação química:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

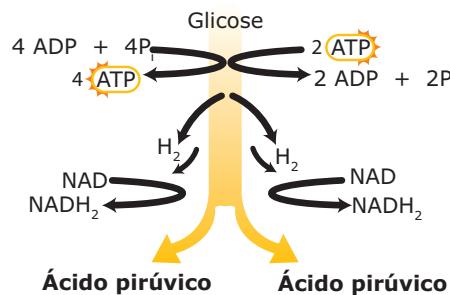
$$\searrow \text{Energia}$$

A glicose ($C_6H_{12}O_6$), utilizada como reagente, pode ser obtida através da alimentação, no caso de organismo heterótrofo, ou, então, é produzida dentro da própria célula, através da fotossíntese ou da quimiossíntese, no caso de o organismo ser autótrofo.

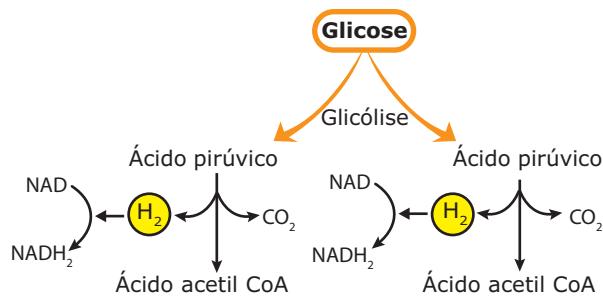
O oxigênio (O_2), que também é um reagente da respiração aeróbia, normalmente é proveniente do meio ambiente, podendo, dependendo da espécie, ser retirado da atmosfera, da água (O_2 que se encontra dissolvido entre as moléculas de água dos rios, mares, lagos, etc.) e mesmo do solo.

O gás carbônico ou dióxido de carbono (CO_2) é um dos produtos finais da reação. Em altas concentrações no interior do organismo, torna-se uma substância prejudicial e tóxica para as células, uma vez que é um óxido ácido. Assim, quanto maior a sua concentração num meio, mais ácido esse meio se torna. Essa acidificação excessiva pode levar à morte das células. Por isso, o CO_2 formado nas reações da respiração aeróbia, normalmente, é eliminado para o meio ambiente. Na respiração aeróbia, portanto, há, normalmente, uma troca de gases (absorção de O_2 e eliminação do CO_2) entre o organismo e o meio ambiente.

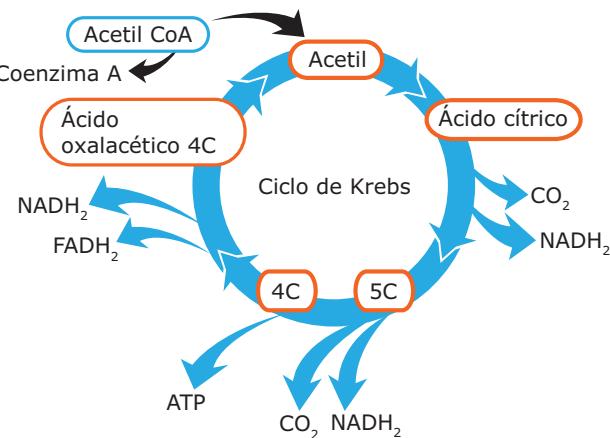
A água (H_2O), outro produto da reação, pode ser utilizada no próprio metabolismo celular, como também pode ser eliminada por meio de diferentes processos (transpiração, por exemplo).

Quanto à energia liberada pela reação, parte dela é perdida para o meio sob a forma de calor, e parte é utilizada na fosforilação de moléculas de ADP para a fabricação de ATP, conforme mostra o esquema a seguir:

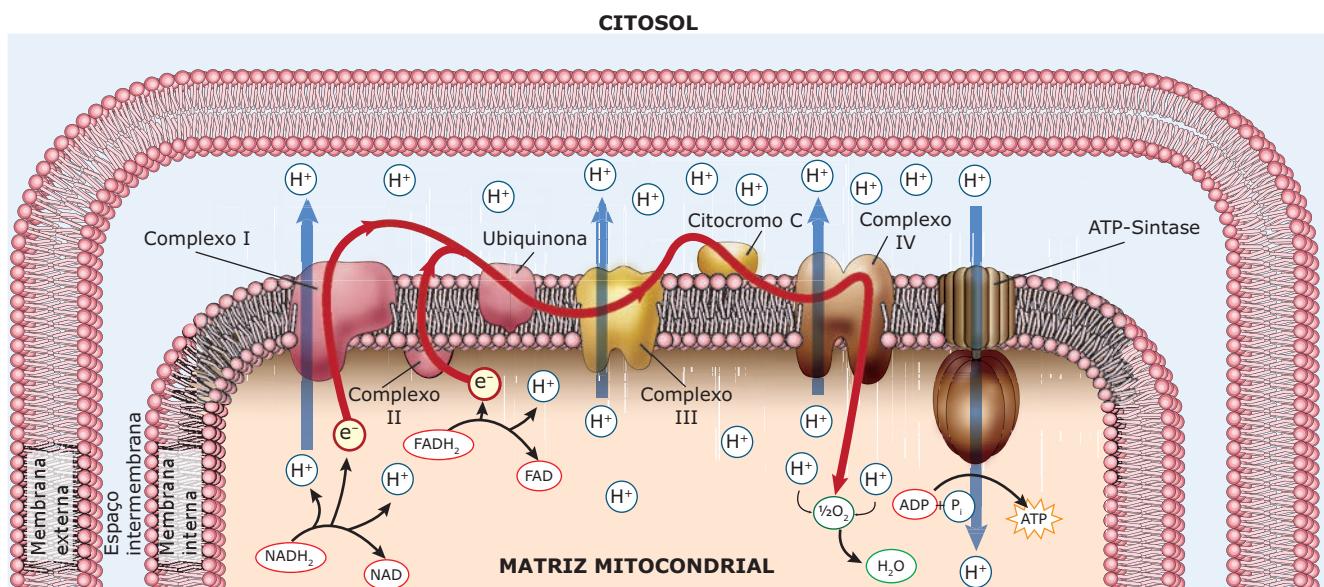
Energia ↘
$ADP + P_i \longrightarrow ATP$

A respiração aeróbia feita a partir da glicose pode ser subdividida em três etapas básicas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

Glicólise

Ocorre no hialoplasma das células e consiste numa sequência de reações que tem como finalidade "quebrar" ou decompor a molécula de glicose (que possui 6 carbonos) em duas moléculas menores (cada uma com 3 carbonos) de uma substância denominada ácido pirúvico (piruvato).

De forma mais simples, podemos resumir a glicólise da seguinte maneira:

Glicólise *– O esquema mostra resumidamente que as reações da glicólise consomem 2 ATP, liberam hidrogênios com a consequente formação de $2NADH_2$ ($2NADH + H^+$), liberam energia que é utilizada para a síntese de 4 ATP e formam duas moléculas de ácido pirúvico. O NAD ou NAD^+ (nicotinamida adenina dinucleotídeo) é um transportador de hidrogênios. Ao receber hidrogênios, o NAD passa para a sua forma reduzida $NADH + H^+$ que, por comodidade didática, muitos autores preferem representar por $NADH_2$ ou NAD.2H). Embora a oxidação e a redução sejam definidas para perda e ganho de elétrons, podemos também usar esses termos quando são ganhos ou perdidos átomos de hidrogênio, porque as transferências de átomos de hidrogênio envolvem transferência de elétrons ($H = H^+ + e^-$). Os $NADH_2$ formados na glicólise irão para a cadeia respiratória.*

Após a glicólise, cada molécula de ácido pirúvico sofre descarboxilação (saída de CO_2, devido à ação das enzimas descarboxilases), e desidrogenação (saída de H_2), transformando-se em ácido acético (composto com apenas dois carbonos na molécula).

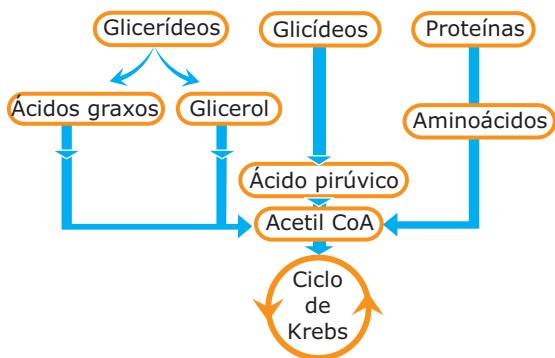
As moléculas de CO_2 liberadas dessas reações são eliminadas para o meio extracelular e, posteriormente, liberadas no meio ambiente. Os H_2 liberados são captados por moléculas de NAD, formando $NADH_2$ que, por sua vez, irão para a cadeia respiratória. Cada molécula de ácido acético liga-se à coenzima A, formando um composto conhecido por acetil CoA que irá para o ciclo de Krebs.

Ciclo de Krebs

O radical acetil do ácido acético desliga-se da coenzima A e reage com o ácido oxalacético (um composto que tem 4 carbonos na molécula), formando o ácido cítrico (com 6 carbonos na molécula). Assim, o ácido cítrico é o primeiro composto formado nessa etapa e, por isso, o ciclo de Krebs é conhecido também por ciclo do ácido cítrico. No quadro a seguir, temos uma representação esquemática e resumida do ciclo de Krebs.

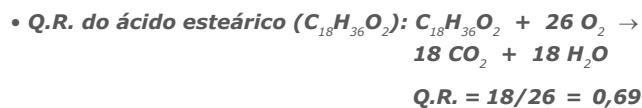
Ciclo de Krebs *– O esquema do ciclo de Krebs representado anteriormente mostra que, em cada volta do ciclo, ocorrem os seguintes fenômenos: o ácido cítrico é degradado sucessivamente em compostos com 5 e 4 carbonos, até reconstituir o ácido oxalacético; liberação de $2CO_2$ (descarboxilação) que, normalmente, serão eliminados para o meio extracelular e, posteriormente, para o meio ambiente; liberação de energia que permitirá diretamente a síntese de um ATP e liberação de $4H_2$ (desidrogenação). Destes, $3H_2$ são captados por moléculas de NAD, formando $3NADH_2$, e o outro H_2 liga-se a uma molécula de FAD, formando um $FADH_2$. O FAD (flavina adenina dinucleotídeo), assim como o NAD, é um aceptor e transportador de hidrogênios. Os $NADH_2$ e o $FADH_2$ formados durante as reações do ciclo de Krebs também irão para a cadeia respiratória.*

Cadeia respiratória

A cadeia respiratória, que nas células eucariotas é realizada na membrana interna da mitocôndria, tem início a partir dos $NADH_2$ e dos $FADH_2$ produzidos nas etapas anteriores da respiração celular. Nela, ocorre síntese de água, transporte de elétrons através de uma cadeia de substâncias (cadeia transportadora de elétrons) e bomba de prótons (H^+) com consequente síntese de ATP. A cadeia transportadora de elétrons é um conjunto de reações de oxirredução que envolve a participação de quatro complexos proteicos (I, II, III e IV) e de duas moléculas conectoras móveis: a ubiquinona (coenzima Q) e o citocromo C. A bomba de prótons é um mecanismo de transporte ativo que transfere íons H^+ da matriz mitocondrial para o espaço intermembrana (espaço existente entre a membrana externa e a membrana interna da mitocôndria). A ilustração a seguir mostra de forma simplificada os principais fenômenos da cadeia respiratória.

A cadeia respiratória *– A oxidação dos $NADH_2$ ($NADH_2 \rightarrow NAD + 2H^+ + 2e^-$) e a dos $FADH_2$ ($FADH_2 \rightarrow FAD + 2H^+ + 2e^-$) liberam elétrons e prótons. Os elétrons provenientes da oxidação dos $NADH_2$ são recebidos pelo complexo I no começo da cadeia respiratória, enquanto aqueles provenientes dos $FADH_2$ são recebidos pelo complexo II. Desses receptores (I e II), os elétrons são transferidos para a ubiquinona, de onde são repassados para o complexo III e daí para o citocromo C. Do citocromo C, eles são enviados para o complexo IV, que, então, os entrega ao O_2, que se combina com íons H^+, formando água (H_2O). O oxigênio, portanto, é o receptor final dos elétrons na cadeia transportadora. Nesse processo de transferência de elétrons dos $NADH_2$ e dos $FADH_2$ até o O_2, há, gradativamente, liberação de energia. Parte dessa energia é dissipada sob a forma de calor e parte é utilizada para bombear prótons (H^+) da matriz mitocondrial para o espaço existente entre as membranas mitocondriais. Portanto, à medida que os elétrons passam pela cadeia transportadora, os prótons são bombeados para o espaço intermembrana. O acúmulo de íons H^+ nesse espaço cria um gradiente de concentração de prótons: concentração alta de H^+ no espaço intermembrana e concentração baixa de H^+ na matriz mitocondrial. Devido à carga positiva nos prótons (H^+), estabelece-se também uma diferença na carga elétrica: a matriz mitocondrial torna-se mais negativa que o espaço intermembrana. Juntos, o gradiente de concentração de prótons e a diferença de carga constituem uma fonte de energia potencial denominada força motora de prótons. Essa força aciona o retorno de prótons para a matriz mitocondrial, através de um canal específico de prótons formado por um complexo proteico denominado ATP-sintase (ATP-sintetase). Ao passar por esse complexo proteico, ocorre liberação de energia, que é, então, utilizada para fosforilar o ADP, ou seja, acrescentar um fosfato ao ADP, transformando-o em ATP. O complexo ATP-sintase "extrai" energia química dos íons H^+ para sintetizar ATP. Essa fosforilação que ocorre na cadeia respiratória é conhecida por fosforilação oxidativa.*

As reações da cadeia respiratória são de oxirredução, isto é, reações que envolvem perda e ganho de hidrogênios e de elétrons. Para os químicos, uma substância que perde elétrons ou hidrogênios fica oxidada. Quando ganha elétrons ou hidrogênios, fica reduzida. A glicose e seus subprodutos, por exemplo, ao perderem hidrogênios para os NAD, estão sofrendo oxidação. Por isso, fala-se que durante a respiração ocorre oxidação da glicose. Por outro lado, os NAD, ao receberem hidrogênios transformando-se em $NADH_2$, estão sofrendo redução. Todos os componentes da cadeia respiratória, ao receberem elétrons, reduzem-se e, ao cedê-los para a substância seguinte, tornam a se oxidar. Assim, na respiração celular, a todo momento ocorrem reações de oxidação e de redução.

O objetivo da respiração celular é a produção de ATP. A produção líquida ou saldo energético (em moléculas de ATP) por glicose pode chegar a 32 ATP, dependendo do tipo de célula. Veja o quadro a seguir:

Saldo energético da respiração aeróbica / glicose	
Glicólise	São produzidos 4 ATP, mas, como são gastos 2 ATP, há saldo positivo de 2 ATP.
Ciclo de Krebs	Cada ciclo produz 1 ATP. Como são 2 ciclos por glicose, o saldo é de 2 ATP.
Cadeia respiratória	Cada $NADH_2$ proporciona a síntese de 2,5 ATP. Como são 10 $NADH_2$ por glicose, a partir deles são produzidos 25 ATP. Cada $FADH_2$ proporciona a síntese de 1,5 ATP. Como são 2 $FADH_2$ por glicose, a partir deles são produzidos 3 ATP.
Saldo total → 2 ATP + 2 ATP + 25 ATP + 3 ATP = 32 ATP	

Existem células em que a membrana interna da mitocôndria é impermeável ao $NADH_2$. Nessas células, a passagem para o interior da mitocôndria dos hidrogênios transportados pelos $2NADH_2$, produzidos no citosol durante a glicólise, requer gasto de energia, sendo gasto 1 ATP para cada um desses $NADH_2$. Nessas células, portanto, o saldo energético / glicose é de 30 ATP (32 – 2 = 30 ATP).

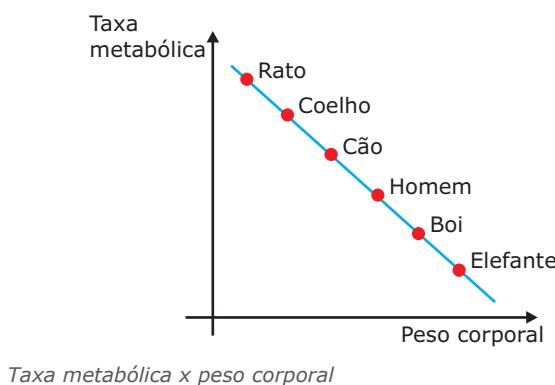
Para realizar a respiração aeróbica, a glicose é o "combustível" preferido pela célula. Mas não é o único. Na falta de glicose, a célula lança mão dos lipídios e, caso haja necessidade, até das proteínas. Isso é possível porque a substância acetil CoA, formada na respiração aeróbica, também pode ser produzida a partir de outros compostos orgânicos, como ácidos graxos, glicerol e aminoácidos. Portanto, tanto os carboidratos como os lipídios e as proteínas podem originar o acetil CoA através de diferentes vias metabólicas. O acetil CoA, independentemente de onde provém, seguirá o mesmo caminho, ou seja, entrará no ciclo de Krebs, conforme mostra o esquema a seguir:

A respiração aeróbia, não importando se feita a partir de glicídio, lipídio ou proteína, necessita de O_2 para sua realização, e, no decorrer das reações, há a produção de CO_2. A relação existente entre a quantidade de moléculas de CO_2 liberadas durante a reação e a quantidade de moléculas de O_2 consumidas denomina-se **quociente respiratório (Q.R.)**. Veja os exemplos a seguir:

$$Q.R. = \frac{CO_2 \text{ liberado}}{O_2 \text{ consumido}}$$

- ***Q.R. da glicose ($C_6H_{12}O_6$): $C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$***
  Q.R. = 6/6 = 1

- ***Q.R. do ácido esteárico ($C_{18}H_{36}O_2$): $C_{18}H_{36}O_2 + 26\,O_2 \rightarrow 18\,CO_2 + 18\,H_2O$***
  Q.R. = 18/26 = 0,69

Os exemplos anteriores mostram que o Q.R. é diferente para cada tipo de substância. O ácido esteárico, por exemplo, requer muito mais oxigênio para sua oxidação do que a glicose.

O consumo de O_2 está diretamente relacionado às atividades metabólicas. Assim, uma das maneiras de se avaliar a taxa metabólica de um organismo aeróbio é através do consumo de O_2 feito por esse organismo num determinado intervalo de tempo: quanto mais intensa a atividade metabólica, mais intensamente se faz a respiração celular e, consequentemente, maior será o consumo de O_2.

Animais lentos e animais que vivem fixos a substratos têm, em geral, taxas metabólicas menores do que animais mais ativos. As taxas de consumo de O_2 nos celenterados sésseis (fixos), por exemplo, são relativamente baixas, enquanto, nos mamíferos e nos insetos voadores, são mais elevadas.

As taxas metabólicas variam também num mesmo indivíduo, dependendo da idade, das atividades realizadas, do estado nutricional e da hora do dia. Por exemplo: quando o animal realiza um trabalho muscular intenso, consome muito mais O_2 do que quando está em repouso. Um mamífero correndo usa entre 5 e 20 vezes mais O_2 por minuto do que quando está parado. Insetos durante o voo consomem cerca de 100 vezes mais oxigênio do que quando estão no chão.

Há também uma diferença quando comparamos animais pecilotermos (poiquilotermos) com os homeotermos. Os pecilotermos, também conhecidos por animais de "sangue frio", possuem metabolismo mais baixo do que os homeotermos. Contudo, nos homeotermos, a taxa metabólica varia na razão inversa ao tamanho ou à massa corporal. Animais grandes têm menor taxa metabólica do que animais pequenos. Num animal pequeno, a superfície do corpo é grande em relação ao seu volume e, dessa forma, a perda de calor pela pele é relativamente maior. Por isso, os animais pequenos têm necessidade de maior consumo de alimento por grama de peso que animais maiores. Um elefante, por exemplo, tem menor taxa metabólica do que um rato.

O gráfico a seguir mostra a relação entre a taxa metabólica e o peso corporal de alguns animais homeotermos.

Taxa metabólica x peso corporal

RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

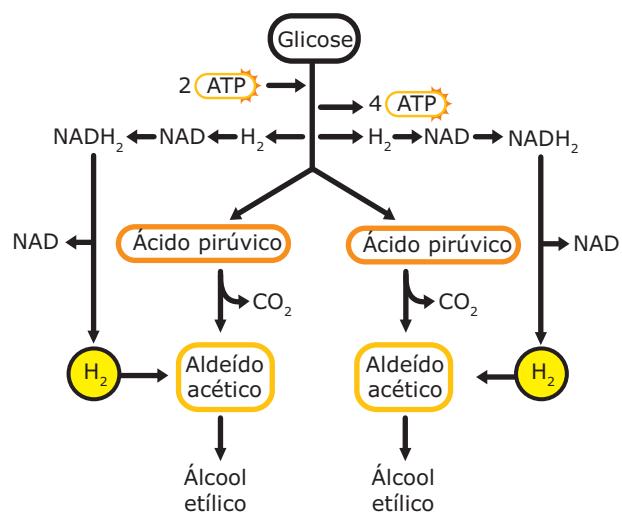
A respiração anaeróbia é realizada por seres vivos que conseguem sobreviver na total ausência de O_2. Evidentemente, esses seres também precisam de energia para suas atividades biológicas. Neles, a energia também é obtida através da oxidação de moléculas orgânicas, principalmemte a glicose. Nessas oxidações, conforme vimos, há liberação de elétrons e íons hidrogênio (H^+). Como nas células dos anaeróbios não existe O_2 para receber, no final da cadeia respiratória, os elétrons e combinar com os íons H^+ liberados para neutralizá-los, poderíamos pensar que nessas células ocorre uma intensa acidificação, o que se tornaria um grande perigo para o metabolismo celular. Isso, entretanto, não ocorre. Na respiração anaeróbia, alguma substância inorgânica, diferente do O_2, funciona como receptor final dos elétrons e dos íons hidrogênio, neutralizando-os e evitando, assim, a acidose da célula.

Algumas bactérias, por exemplo, fazem a degradação de compostos orgânicos à semelhança do que vimos na respiração aeróbia e usam, como aceptores finais dos íons H^+ e dos elétrons, compostos inorgânicos, tais como nitratos, sulfatos ou carbonatos. Dessa forma, os íons H^+ são neutralizados, evitando a acidose do meio intracelular, conforme mostra o exemplo a seguir:

$$10H^+ + 10\ e^-_0 + 2HNO_3 \rightarrow N_2 + 6H_2O$$

No exemplo anterior, os 10 íons hidrogênio e os 10 elétrons resultantes das oxidações de moléculas orgânicas são recebidos por moléculas de nitrato (HNO_3) provenientes do meio extracelular. Dessa reação, surge o nitrogênio livre (N_2), que se difunde para a atmosfera, e moléculas de água. Nesse exemplo de respiração anaeróbia, o nitrato funciona como aceptor final dos elétrons e dos íons hidrogênio.

Na respiração anaeróbia, assim como na aeróbia, existe uma cadeia de aceptores de elétrons na qual é produzido ATP. A diferença entre os dois tipos fica por conta do último receptor dos elétrons e dos hidrogênios da cadeia: oxigênio, na respiração aeróbia, e outra substância inorgânica, na respiração anaeróbia.

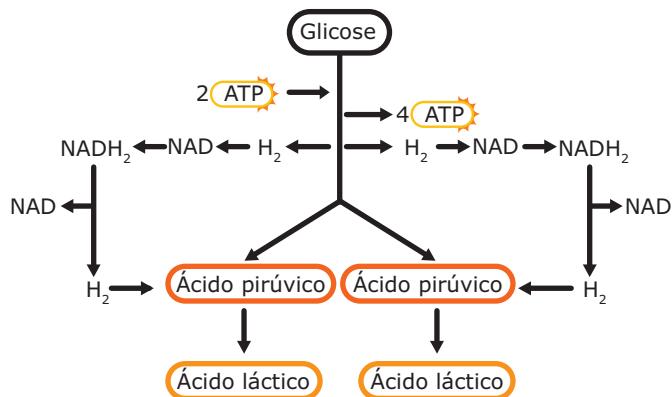
FERMENTAÇÃO

Assim como a respiração anaeróbia, a fermentação também é um processo anaeróbico (ausência de O_2) de obtenção de energia, feito a partir de compostos orgânicos, em especial a glicose. Na fermentação biológica, entretanto, não há cadeia respiratória e os aceptores finais dos íons hidrogênio não são substâncias inorgânicas, e sim compostos orgânicos resultantes da própria reação.

Conforme a natureza química dos produtos orgânicos formados ao final das reações, a fermentação pode ser classificada em diferentes tipos: alcoólica, láctica, acética, butírica, etc. Vejamos os dois tipos mais conhecidos de fermentação: **alcoólica** e **láctica**.

Fermentação alcoólica

Esse tipo de fermentação tem o álcool etílico como produto orgânico final. Nela, a glicose sofre glicólise, originando duas moléculas de ácido pirúvico, tal como acontece na respiração. Durante essa glicólise, ocorre saída de hidrogênios (desidrogenação), que são captados por moléculas de NAD, formando, então, moléculas de $NADH_2$. Nessa glicólise, à semelhança da que acontece na respiração, há consumo de 2 ATP e liberação de energia suficiente para produção de 4 ATP. Há, portanto, um saldo energético positivo de 2 ATP (4 ATP produzidos – 2 ATP gastos = 2 ATP).

Cada ácido pirúvico resultante da glicólise sofre descarboxilação (liberação de CO_2), originando moléculas de aldeído acético. O CO_2 é eliminado no meio extracelular e o aldeído acético recebe os hidrogênios do $NADH_2$. Ao receber esses hidrogênios, o aldeído acético se converte em álcool etílico que, por sua vez, também será eliminado no meio extracelular. Veja o esquema a seguir:

Fermentação alcoólica *– Observe que, na fermentação alcoólica, são produzidos 4 ATP a partir da glicose, mas, como são gastos 2 ATP durante a glicólise, o saldo energético é de apenas 2 ATP. Logo, uma boa parte da energia acumulada na glicose permanece no álcool, o que justifica o fato de ele ser um excelente combustível.*

Conforme vimos no esquema anterior, os produtos finais da fermentação alcoólica são o álcool etílico e o gás carbônico.

A fermentação alcoólica é realizada por algumas espécies de fungos (conhecidos por levedos ou leveduras), por algumas espécies de bactérias e até por células de vegetais superiores (algumas sementes em processo de germinação, por exemplo, embora respirem aerobicamente em ambientes contendo O_2, também podem obter energia realizando a fermentação alcoólica quando falta esse gás).

Um bom exemplo de ser vivo realizador desse tipo de fermentação é o fungo *Saccharomyces cerevisiae*, muito utilizado na fabricação da cerveja e de outras bebidas alcoólicas e, por isso, conhecido por levedura da cerveja. Espécies do gênero *Saccharomyces* também são utilizadas na fabricação de pães, bolos e biscoitos. Essas leveduras também são conhecidas por fermentos biológicos (fermento "de pão", por exemplo). Na fabricação de pães e bolos, durante o preparo e cozimento da massa, o álcool escapa, enquanto o CO_2 forma bolhas em meio à massa, estufando-a e promovendo o seu crescimento.

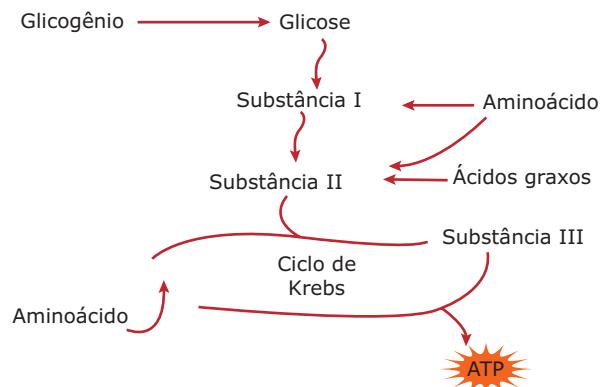
Fermentação láctica

Esse tipo de fermentação tem como produto orgânico final o ácido láctico. Veja o esquema a seguir:

Fermentação láctica *– Nessa fermentação, a glicose sofre glicólise, formando ácido pirúvico, exatamente como acontece na fermentação alcoólica e na respiração. Entretanto, o aceptor final dos hidrogênios é o próprio ácido pirúvico. Ao receber os hidrogênios do* $NADH_2$*, o ácido pirúvico transforma-se em ácido láctico. Nessa fermentação, não há descarboxilação (liberação de* CO_2*).*

A fermentação láctica é realizada por algumas espécies de micro-organismos (bactérias, fungos, protozoários) e, também, por alguns tecidos animais, como o tecido muscular.

Algumas bactérias do gênero *Lactobacillus*, por exemplo, são muito utilizadas pela indústria de laticínios na fabricação de coalhadas, iogurtes, queijos e outros derivados do leite. Essas bactérias promovem o desdobramento do açúcar do leite (lactose) e realizam a fermentação láctica, liberando o ácido láctico no meio. O acúmulo do ácido láctico no leite torna-o "azedo".

Em nossos músculos esqueléticos, em situação de intensa atividade, pode não haver uma disponibilidade adequada de O_2 para promover a respiração aeróbia. Nesse caso, as células musculares passam a realizar a fermentação láctica. Entretanto, o acúmulo de ácido láctico nessas células provoca fadiga muscular, com dor intensa, o que pode causar a paralisação da atividade muscular. A fermentação láctica, portanto, pode ocorrer eventualmente nas células musculares, bastando, para isso, que os músculos sejam excessivamente solicitados e que o suprimento de oxigênio oferecido pelo sangue não satisfaça às necessidades celulares. Nessa circunstância, os íons H^+ começam a acumular-se nas células e, então, o ácido pirúvico passa a atuar como receptor final desses íons, transformando-se em ácido láctico. A presença do ácido láctico nas células musculares causa aquela sensação de dor muscular característica da fadiga ou câimbra.

Tanto na fermentação láctica como na alcoólica há um saldo energético de 2 ATP / glicose. Logo, o processo da fermentação apresenta um rendimento energético bem inferior ao da respiração aeróbia.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FMABC-SP) Na respiração celular, o oxigênio (O_2) intervém

A) somente na glicólise.
B) somente no ciclo de Krebs.
C) somente como aceptor final de hidrogênio.
D) na glicólise e como aceptor final de hidrogênio.
E) na glicólise e no ciclo de Krebs.

02. (PUC-SP) Observe o esquema a seguir:

Pela análise do esquema, prevê-se que a energia pode ser obtida por um organismo

A) somente a partir de açúcares.
B) somente a partir de proteínas.
C) somente a partir de gorduras.
D) a partir de açúcares, proteínas e gorduras.
E) a partir de substâncias inorgânicas.

03. (UFMG) Todos os processos indicados são característicos da respiração aeróbica, **EXCETO**

A) consumo da glicose.

B) formação de ácido pirúvico.

C) produção de álcool.

D) produção de ATP.

E) produção de gás carbônico.

04. (Cesgranrio) No exercício muscular intenso, torna-se insuficiente o suprimento de oxigênio. A liberação de energia pelas células processa-se, dessa forma, em condições relativas de anaerobiose, a partir da glicose. O produto **PRINCIPAL** acumulado nessas condições é o

A) ácido pirúvico.

B) ácido láctico.

C) ácido acetoacético.

D) etanol.

E) ácido cítrico.

05. (PUC Minas) Considere o esquema a seguir, referente ao processo respiratório de uma célula eucariota:

Glicose →	Ác. pirúvico →	Acetil CoA →	C. Krebs →	Cadeia respiratória
I	II	III	IV	V

Assinale a afirmativa **INCORRETA**.

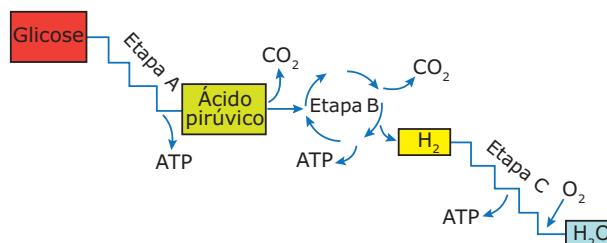
A) Para que I se transforme em II, é necessário o gasto de ATP.

B) As fases I e II ocorrem fora da mitocôndria.

C) Na conversão de II para III, não há produção local de ATP.

D) Em IV ocorre liberação de CO_2 e formação local de ATP.

E) Em V há quebra da molécula de água, com liberação de oxigênio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) Leia atentamente os seguintes itens:

1. Uso de ATP.
2. Transportadores de hidrogênios.
3. Produção de ATP.
4. Saída de CO_2.
5. Transporte de elétrons.

Ocorrem no ciclo de Krebs

A) 1, 2, 3.

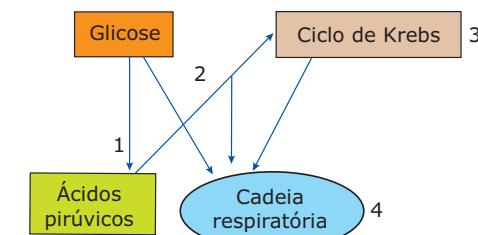
B) 1, 3, 4.

C) 1, 4, 5.

D) 2, 3, 4.

E) 3, 4, 5.

02. (UEL-PR–2010) Analise o esquema da respiração celular em eucariotos a seguir:

LOPES, Sônia. *Bio 1*, São Paulo: Ed. Saraiva, 1992, p. 98. (Adaptação).

Com base nas informações contidas no esquema e nos conhecimentos sobre respiração celular, considere as afirmativas a seguir:

I. A glicose é totalmente degradada durante a etapa A que ocorre na matriz mitocondrial.

II. A etapa B ocorre no hialoplasma da célula e produz menor quantidade de ATP que a etapa A.

III. A etapa C ocorre nas cristas mitocondriais e produz maior quantidade de ATP que a etapa B.

IV. O processo anaeróbico que ocorre no hialoplasma corresponde à etapa A.

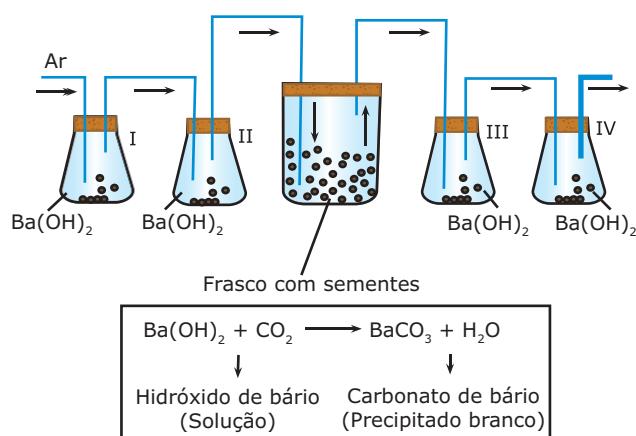
Assinale a alternativa **CORRETA.**

A) Somente as afirmativas I e II são corretas.

B) Somente as afirmativas I e III são corretas.

C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

D) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

E) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

03. (PUC Minas) Observe com atenção o esquema a seguir:

É **FALSO** afirmar que

A) há produção de ATP em 1, 3 e 4.

B) fosforilações oxidativas ocorrem em 4.

C) o processo 1 ocorre em anaerobiose.

D) há saída de CO_2 em 1, 2, 3 e 4.

E) há transportadores de hidrogênios em 1, 2 e 3.

04. (UFMG) Analise o experimento.

$Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$

Hidróxido de bário (Solução) — Carbonato de bário (Precipitado branco)

Com relação aos eventos indicados pelos números I, II, III e IV, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) A quantidade de CO_2 retida no frasco III será menor do que aquela do frasco II.

B) A taxa de CO_2 produzido pelas sementes pode ser calculada pesando-se a quantidade de carbonato de bário nos frascos III e IV.

C) O CO_2 proveniente do ar fica retido na solução de $Ba(OH)_2$ nos frascos I e II.

D) O frasco III recebe o CO_2 proveniente da respiração das sementes.

E) O oxigênio penetra no frasco que contém as sementes depois de passar pelos frascos I e II.

05. (UEFS-BA) A tabela a seguir apresenta o consumo de oxigênio de diversos animais.

Animal	Consumo de O_2 (mL/g/h)
Camundongo	1 580
Rato	872
Coelho	466
Cachorro	318
Homem	202
Cavalo	106
Elefante	67

A análise da tabela permite afirmar que o consumo de oxigênio

A) é diretamente proporcional ao volume do animal.

B) não depende do tamanho do animal.

C) é grande em animais grandes e pequeno em animais pequenos.

D) depende apenas do tipo de vida do animal.

E) é inversamente proporcional ao peso do animal.

06. (UFMG)

O esquema representa uma montagem para se demonstrar a fermentação em leveduras.

Ao final desse experimento, observa-se a formação de um precipitado no frasco 2, como indicado.

Para que tal processo ocorra, é suficiente que o frasco 1 contenha, além da levedura,

A) glicose e oxigênio.

B) gás carbônico e oxigênio.

C) glicose e gás carbônico.

D) glicose.

E) oxigênio.

07. (FUVEST-SP) A fabricação de vinho e de pão depende de produtos liberados pelas leveduras durante sua atividade fermentativa. Quais os produtos que interessam mais diretamente à fabricação do vinho e do pão, respectivamente?

A) Álcool etílico e gás carbônico.

B) Gás carbônico e ácido láctico.

C) Ácido acético e ácido láctico.

D) Álcool etílico e ácido acético.

E) Ácido láctico e álcool etílico.

08. (UFMG) Na fabricação de iogurtes e coalhadas, utilizam-se "iscas", isto é, colônias de micro-organismos que realizam a fermentação do leite.

Em relação a esse processo, é **CORRETO** afirmar que

A) consiste em respiração aeróbica.

B) é realizado por vírus anaeróbicos lácticos.

C) resulta da liberação de ácido láctico e energia.

D) resulta na formação de ácido acético e CO_2.

09. (FUVEST-SP) Em uma situação experimental, camundongos respiram ar contendo gás oxigênio constituído de isótopo ^{18}O. A análise de células desses animais deverá detectar a presença de isótopo ^{18}O, primeiramente,

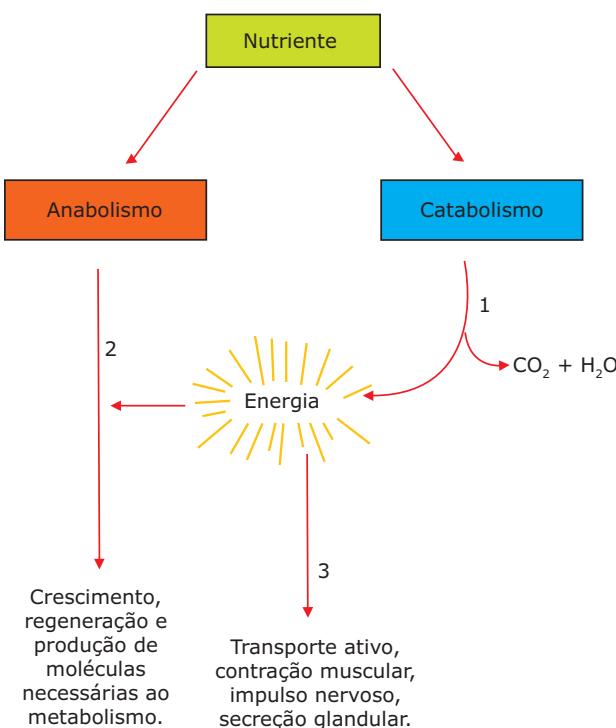
A) no ATP.

B) na glicose.

C) no NADH.

D) no gás carbônico.

E) na água.

10. (PUC RS) Nos processos químicos que têm lugar na respiração aeróbia, há produção de íons hidrogênio que, se acumulados, podem levar a célula a uma acidose, o que seria extremamente perigoso. Para evitar esse evento, é que intervém ativamente

A) o dióxido de carbono.

B) o oxigênio.

C) a glicose.

D) o ácido pirúvico.

E) o monóxido de carbono.

11. (UFF-RJ) Dois micro-organismos, X e Y, mantidos em meio de cultura sob condições adequadas, receberam a mesma quantidade de glicose como único substrato energético. Após terem consumido toda a glicose recebida, verificou-se que o micro-organismo X produziu três vezes mais CO_2 do que o Y.

Considerando-se essas informações, conclui-se ter ocorrido

A) fermentação alcoólica no micro-organismo X.

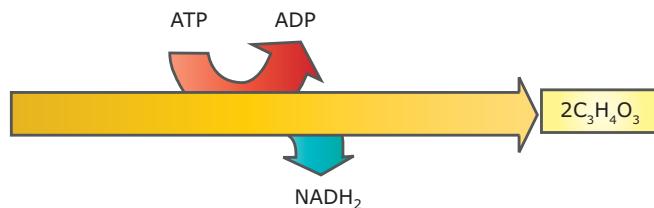
B) fermentação láctica no micro-organismo X.

C) respiração aeróbica no micro-organismo Y.

D) fermentação alcoólica no micro-organismo Y.

E) fermentação láctica no micro-organismo Y.

12. (PUC Minas) Analise o esquema a seguir:

Baseando-se no esquema e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a afirmativa **INCORRETA**.

A) A respiração aeróbia, representada em 1, não é o único meio de que os organismos heterótrofos dispõem para produzir energia.

B) Um mesmo tipo de nutriente não poderia ser utilizado nos processos 1 e 2.

C) 2 sugere a utilização de alguns dos nutrientes assimilados, para a síntese de novas substâncias.

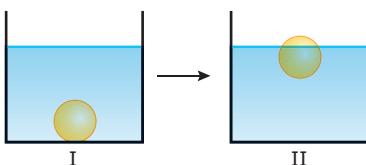
D) Em 3 está evidenciada a necessidade de energia para a realização de trabalho celular.

E) Enzimas podem estar envolvidas nos processos 1, 2 e 3.

13. (FUVEST-SP) Há um século, Louis Pasteur, investigando o metabolismo do levedo, um organismo anaeróbico facultativo, observou que, em solução de água e açúcar, esse micro-organismo se multiplicava. Observou também que a multiplicação era maior quando a solução era aerada.

A) **EXPLIQUE** a importância do açúcar para o levedo.

B) **JUSTIFIQUE** a diferença de crescimento nas condições aeróbica e anaeróbica.

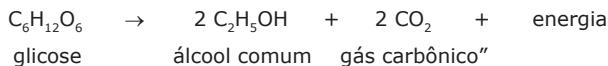
14. (Unicamp-SP) Uma solução feita com 2 g de fermento *Fleischmann*, 3 g de açúcar e 150 mL de água é colocada em 2 tubos de ensaio, cada um tampado na parte superior com uma bexiga de borracha ("balão de aniversário") vazia. Um desses tubos é colocado na estufa (a 30 °C) e o outro na geladeira (a 5-10 °C) durante, aproximadamente, 6 horas. O que deverá acontecer com cada uma dessas bexigas? Por quê? Qual o processo bioquímico envolvido?

15. (FEAPA-PA) A respiração celular a nível intracelular é o processo de obtenção de energia através da degradação de um substrato e que ocorre em várias etapas. Essa degradação pode ainda se realizar na presença ou não de oxigênio. O esquema a seguir representa uma das etapas desse processo; observe-o e responda:

A) Qual a etapa em foco?

B) Em que região da célula ocorre essa etapa?

C) Em que consiste a referida etapa?

D) Para essa etapa se faz necessário o oxigênio? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

E) Quantas moléculas de ATP são produzidas e quantas são consumidas nessa etapa?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2000) No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de "bola" e a mergulham num recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II do esquema a seguir. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.

Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

"A bola de massa torna-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação

$$\underset{\text{glicose}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{álcool comum}}{2\ C_2H_5OH} + \underset{\text{gás carbônico"}}{2\ CO_2} + \text{energia}$$

Considere as afirmações a seguir:

I. A fermentação dos carboidratos da massa de pão ocorre de maneira espontânea e não depende da existência de qualquer organismo vivo.

II. Durante a fermentação, ocorre produção de gás carbônico, que se vai acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.

III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.

Entre as afirmativas, apenas

A) I está correta.
B) II está correta.
C) I e II estão corretas.
D) II e III estão corretas.
E) III está correta.

02. (Enem–2010) *Um ambiente capaz de asfixiar todos os animais conhecidos do planeta foi colonizado por pelo menos três espécies diferentes de invertebrados marinhos. Descobertos a mais de 3 000 m de profundidade no Mediterrâneo, eles são os primeiros membros do reino Animal a prosperar mesmo diante da ausência total de oxigênio. Até agora, achava-se que só bactérias pudessem ter esse estilo de vida. Não admira que os bichos pertençam a um grupo pouco conhecido, o dos loricíferos, que mal chegam a 1,0 mm. Apesar do tamanho, possuem cabeça, boca, sistema digestivo e uma carapaça. A adaptação dos bichos à vida no sufoco é tão profunda que suas células dispensaram as chamadas mitocôndrias.*

LOPES, R. J. Italianos descobrem animal que vive em água sem oxigênio. Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 10 abr. 2010 (Adaptação).

Que substâncias poderiam ter a mesma função do O_2 na respiração celular realizada pelos loricíferos?

A) S e CH_4
B) S e NO_3^-
C) H_2 e NO_3^-
D) CO_2 e CH_4
E) H_2 e CO_2

GABARITO

Fixação

01. C 02. D 03. C 04. B 05. E

Propostos

01. D
02. C
03. D
04. A
05. E
06. D
07. A
08. C
09. E
10. B
11. D
12. B

13. A) O açúcar, uma vez metabolizado pelo levedo, fornecerá a energia necessária para as suas atividades vitais.

B) Em condições aeróbicas, o açúcar é degradado (metabolizado) por respiração celular, com liberação de energia. Em condições anaeróbicas, o açúcar é degradado por fermentação, havendo também liberação de energia, porém em quantidade muito menor. Assim, na solução aerada (com oxigênio), a disponibilidade de energia para o levedo é maior, e sua taxa de reprodução também aumenta.

14. A bexiga do tubo submetido à temperatura de 30 ºC deverá, aos poucos, ficar cheia de gás carbônico, um produto da fermentação alcoólica, que ocorrerá de forma muito mais ativa do que no tubo mantido na geladeira.

15. A) Glicólise.

B) Citosol (hialoplasma).

C) Degradação de uma molécula de glicose em duas de ácido pirúvico.

D) Não. Essa fase é anaeróbica, ou seja, a glicose é degradada na ausência de oxigênio (O_2).

E) São produzidas quatro moléculas de ATP e são consumidas duas, correspondendo a um saldo de duas moléculas de ATP.

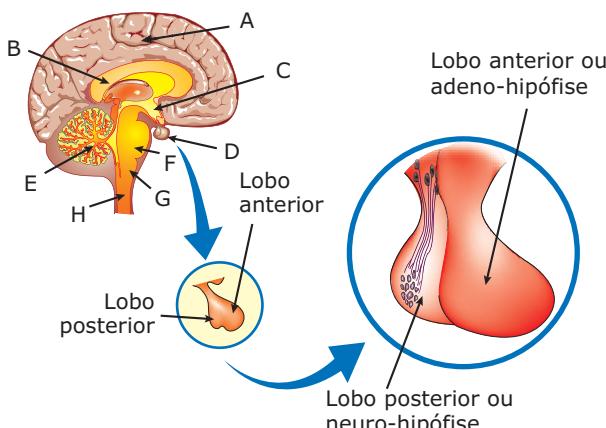
Seção Enem

01. B 02. B

BIOLOGIA

Sistema endócrino

MÓDULO 07 | FRENTE B

O sistema endócrino é formado por todas as glândulas endócrinas do organismo.

As glândulas endócrinas ou glândulas de secreção interna são produtoras de hormônios. Por isso, o sistema endócrino é também conhecido por sistema hormonal.

Hormônios são substâncias de natureza química variável (polipeptídeos, esteroides, etc.) que atuam como mensageiros bioquímicos, isto é, atuam a distância do local onde são produzidos, chegando aos seus "órgãos-alvos" através da corrente sanguínea. Os hormônios controlam as atividades de órgãos, tecidos, células, bem como a taxa de muitas substâncias no organismo.

No decorrer deste módulo, estudaremos os principais componentes do nosso sistema endócrino.

HIPÓFISE (GLÂNDULA PITUITÁRIA, GLÂNDULA-MESTRA)

Localiza-se numa cavidade (sela túrcica) do osso esfenoide (que forma a base ou assoalho da caixa craniana). Tem, aproximadamente, o tamanho de um grão de ervilha e está ligada ao hipotálamo (uma região do encéfalo) pelo infundíbulo, um pedículo de estrutura nervosa.

Localização da hipófise – ***a****. cérebro;* ***b.*** *corpo caloso;* ***c.*** *hipotálamo;* ***d.*** *hipófise;* ***e.*** *cerebelo;* ***f.*** *protuberância;* ***g.*** *bulbo;* ***h.*** *medula raquiana. Em aumento (à direita), a hipófise com os seus dois lados.*

Nos mamíferos, a hipófise apresenta duas partes bem desenvolvidas: a parte anterior (lobo anterior ou adeno-hipófise) e a parte posterior (lobo posterior ou neuro-hipófise). Há, ainda, a parte intermediária *(pars intermedia*), que, na espécie humana, é muito reduzida.

Adeno-hipófise

Corresponde à porção anterior (lobo anterior) da glândula. Produz, armazena e libera, na corrente sanguínea, diversos hormônios. Os hormônios da adeno-hipófise que atuam sobre outras glândulas e órgãos, estimulando suas atividades e desenvolvimento, são chamados genericamente de hormônios tróficos.

Hormônios produzidos pela adeno-hipófise

- Hormônio somatotrófico (STH) ou somatotrofina.
- Hormônio tireotrófico (TSH) ou tireotrofina.
- Hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) ou adrenocorticotrofina.
- Hormônios gonadotróficos (gonadotrofinas hipofisárias): FSH (hormônio folículo estimulante) e LH (hormônio luteinizante).
- Hormônio lactogênico ou prolactina.

A) **Hormônio somatotrófico (STH)**, **somatotrofina ou GH** – Estimula todo o crescimento do organismo, atuando, sobretudo, na cartilagem epifisária dos ossos longos. É conhecido como o "hormônio do crescimento", sendo produzido durante a fase de crescimento (infância e adolescência) e, em menor escala, na fase adulta. A sigla GH origina-se do inglês *growth hormone*. A somatotrofina estimula o fígado e, provavelmente, outros órgãos a produzirem proteínas chamadas somatomedinas, que estimulam o crescimento dos ossos e das cartilagens. Esse hormônio tem importante função anabolizante, ou seja, é responsável pelo aumento da síntese proteica, pela maior mobilização de gorduras para a liberação de mais energia e pela estimulação do crescimento de músculos e ossos.

A produção escassa desse hormônio na infância acarreta o chamado nanismo hipofisário, que se caracteriza pelo pequeno crescimento do organismo. Por outro lado, a sua produção excessiva na infância leva a um quadro conhecido por gigantismo hipofisário, caracterizado pelo crescimento exagerado do organismo. No adulto, a produção excessiva do STH leva à acromegalia, anomalia que se caracteriza pelo crescimento exagerado das extremidades ósseas e cartilaginosas, como os ossos dos dedos (mãos e pés), mandíbula (osso do queixo), etc. Vale lembrar que, no adulto, após o desaparecimento das cartilagens epifisárias, não há mais o crescimento dos ossos em comprimento. Assim, o excesso de STH acaba estimulando o crescimento dos ossos em largura, que se tornam, então, mais grossos. Dessa forma, os ossos da face (ossos do nariz, mandíbula, etc.) se alargam, chegando, às vezes, a modificar completamente a fisionomia da pessoa.

B) **Hormônio tireotrófico (TSH) ou tireotrofina** – Estimula a glândula tireoide a produzir seus hormônios, isto é, estimula a produção dos hormônios tireoidianos, indispensáveis ao perfeito desenvolvimento físico e mental das pessoas.

C) **Hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) ou adrenocorticotrofina** – Estimula o córtex (parte periférica) das glândulas suprarrenais (adrenais). Ao receber o ACTH, o córtex das glândulas suprarrenais passa a produzir hormônios que são conhecidos genericamente por corticosteroides ou corticoides.

D) **Hormônios gonadotróficos ou gonadotrofinas** – Estimulam as atividades das gônadas (glândulas sexuais): ovários e testículos. Entre esses hormônios, destacam-se:

D.1) **Hormônio folículo estimulante (FSH)** – Nos ovários (gônadas femininas), estimula o desenvolvimento dos folículos ovarianos e a produção de estrógenos (hormônios sexuais femininos).

Nos testículos (gônadas masculinas), o FSH estimula a espermatogênese, isto é, a formação dos espermatozoides (gametas masculinos).

D.2) **Hormônio luteinizante (LH)** – Nos ovários, promove a ovulação (liberação do "óvulo") e atua no corpo lúteo (corpo amarelo), estimulando a produção de progesterona (hormônio sexual feminino).

Nos testículos, o LH estimula a produção de testosterona (hormônio sexual masculino) pelas chamadas células intersticiais de Leydig. Por isso, no sexo masculino, o LH também pode ser chamado de hormônio estimulante das células intersticiais (ICSH).

E) **Hormônio lactogênico ou prolactina** – Atuando sinergicamente com outros hormônios, como a progesterona e os estrógenos, a prolactina promove o crescimento e o funcionamento das glândulas mamárias, estimulando-as a produzir leite. Sua produção acentua-se no final da gestação, aumenta após o parto e persiste enquanto durar o estímulo da sucção. Os homens normalmente têm níveis baixos de prolactina, mas, quando afetados por certas doenças, esses níveis podem aumentar, como no caso de um tipo de tumor benigno chamado prolactinoma. No homem, a produção em excesso desse hormônio também pode causar ginecomastia (aumento das mamas), diminuição da libido e impotência sexual. Em excesso, a prolactina prejudica a produção de testosterona.

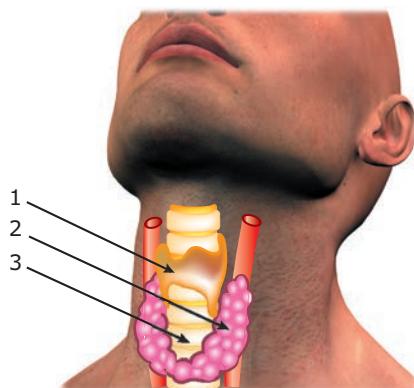
A produção dos hormônios da adeno-hipófise (STH, TSH, ACTH, FSH e LH) é controlada pelos hormônios liberadores hipotalâmicos (hormônios originários do hipotálamo).

Neuro-hipófise

É a porção posterior da hipófise constituída de tecido nervoso. Não produz hormônios, apenas armazena e libera, na corrente sanguínea, os hormônios de origem hipotalâmica (hormônios produzidos no hipotálamo).

Hormônios liberados pela neuro-hipófise

- Hormônio antidiurético (ADH) ou vasopressina.
- Ocitocina (oxitocina).

A) **Hormônio antidiurético (ADH) ou vasopressina** – Estimula uma maior reabsorção de água nos rins, uma vez que aumenta a permeabilidade das paredes dos túbulos distais e coletores de água. A deficiência desse hormônio no organismo provoca uma intensa diurese. Essa grande perda de água através da urina provoca desidratação e sede intensa, caracterizando a doença diabetes insípido ou diabete insípida.

B) Ocitocina (oxitocina) – Atua no útero e nas glândulas mamárias. No útero, estimula a contração da musculatura lisa (miométrio), por ocasião do parto. Nas glândulas mamárias, estimula a contração das células mioepiteliais que envolvem os seus ductos, facilitando a ejeção do leite. A ocitocina também exerce papel importante no estímulo sexual. Homens e mulheres mostram um aumento significativo dos níveis plasmáticos desse hormônio durante o estímulo sexual e o orgasmo.

Pars intermedia

É a parte intermediária da hipófise responsável pela produção do hormônio melanotrófico (MSH) ou intermedina. Estimula a pigmentação da pele (acelera a síntese de melanina) e a síntese de hormônios esteroides produzidos pelas glândulas sexuais e suprarrenais.

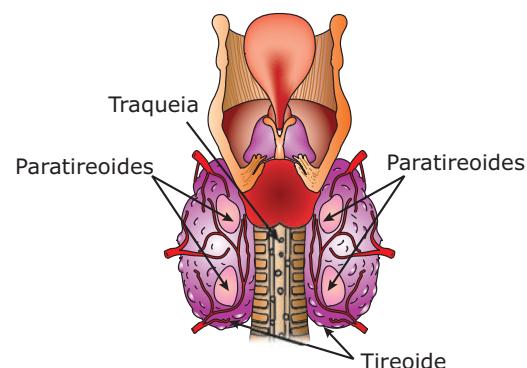
TIREOIDE (GLÂNDULA TIREOIDEA)

Localiza-se na região anterior do pescoço, sobre os primeiros anéis da traqueia. Produz os seguintes hormônios: T_3 (tri-iodotironina), T_4 (tetraiodotironina ou tiroxina) e tireocalcitonina (calcitonina).

***Localização da tireoide** – **1.** cartilagem tireoide (pomo de adão); **2.** glândula tireoide; **3.** traqueia.*

Os hormônios T_3 e T_4 estimulam a produção de enzimas que atuam nas reações de oxirredução da respiração celular e, dessa forma, estimulam o metabolismo celular em todo o organismo.

A tireocalcitonina atua especificamente no metabolismo do cálcio, inibindo a retirada desse mineral dos ossos e, consequentemente, diminuindo a concentração de Ca^{++} no sangue.

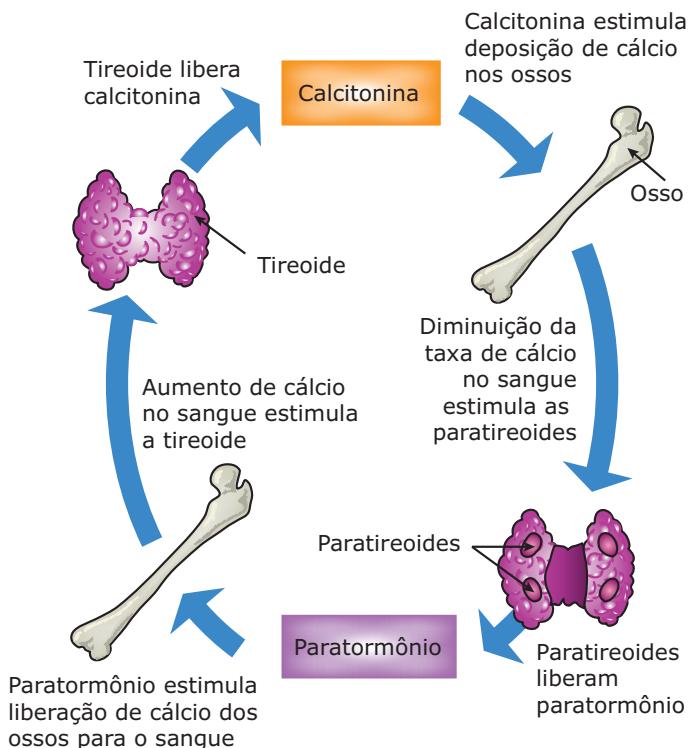
A produção dos hormônios tireoidianos é estimulada pelo TSH proveniente da adeno-hipófise.

No hipotireoidismo (produção escassa dos hormônios tireoidianos), há uma redução de todo o metabolismo e, entre os muitos sinais e sintomas dessa carência, o indivíduo pode apresentar: bradicardia (diminuição da frequência cardíaca), respiração lenta, sonolência, obesidade, movimentos musculares lentos, mixedema (pele seca, grossa e inchada), etc. Na infância, o hipotireoidismo também pode causar o cretinismo, quadro patológico caracterizado por baixa estatura e retardo mental.

No hipertireoidismo (produção excessiva dos hormônios tireoidianos), há uma elevação de todo o metabolismo. Assim, os indivíduos com essa anomalia podem apresentar: taquicardia (aumento da frequência cardíaca), aceleração dos movimentos respiratórios, insônia, emagrecimento, nervosismo, bócio exoftálmico ou exoftalmia (olhos arregalados), etc.

Tanto no hipotireoidismo quanto no hipertireoidismo também pode ocorrer o bócio (papeira), que é o resultado do aumento do volume da glândula tireoide.

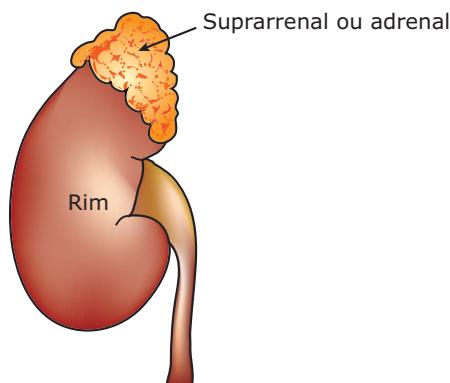
PARATIREOIDES (GLÂNDULAS PARATIREOIDEAS)

São quatro pequenas glândulas localizadas na face posterior da tireoide. Produzem o paratormônio (PTH) ou paratirina, que também atua no metabolismo do cálcio.

Aspecto da tireoide e das paratireoides

O paratormônio atua estimulando a absorção dos sais de cálcio no intestino, a reabsorção dos íons Ca^{++} nos túbulos renais e a retirada desse elemento dos ossos. O paratormônio, portanto, estimula o aumento da calcemia (taxa de cálcio no plasma sanguíneo).

No hiperparatireoidismo, há uma produção excessiva de paratormônio, o que acarreta uma acentuada retirada de cálcio dos ossos, que se tornam porosos. Isso favorece a ocorrência de fraturas e deformações ósseas. Também ocorre a hipercalcemia, isto é, elevação da taxa de cálcio no sangue, o que pode causar deposição patológica desse elemento em diversos órgãos (rins e artérias, por exemplo).

Já no hipoparatireoidismo, temos uma escassa produção de paratormônio, provocando uma excessiva mineralização dos ossos (intensa deposição de cálcio nos ossos) e hipocalcemia (diminuição da taxa de cálcio no plasma sanguíneo). Surgem contrações espasmódicas generalizadas da musculatura esquelética, chamadas tetania.

OBSERVAÇÃO

> Conforme vimos, o paratormônio das paratireoides e a tireocalcitonina da tireoide atuam no metabolismo do cálcio, exercendo ações antagônicas: o paratormônio é um fator hipercalcêmico (aumenta a taxa de cálcio no sangue), enquanto a tireocalcitonina é um fator hipocalcêmico (diminui a taxa de cálcio no sangue). Assim, o nível normal de cálcio no sangue depende de um equilíbrio entre as taxas desses dois hormônios.

A tireoide e as paratireoides atuam em conjunto para a manutenção dos níveis normais de cálcio nos ossos e no sangue.

SUPRARRENAIS (ADRENAIS)

Localizadas sobre os rins, essas glândulas possuem duas regiões distintas: córtex (parte periférica) e medula (parte central).

Localização da suprarrenal

Córtex da suprarrenal

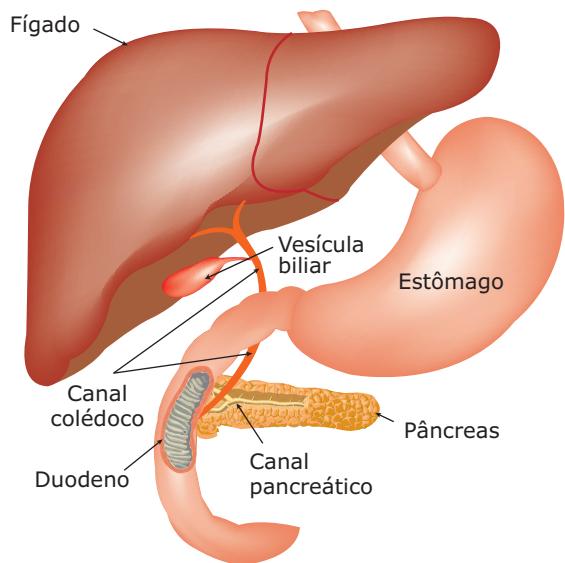
Funciona sob o estímulo do ACTH da adeno-hipófise e produz hormônios conhecidos genericamente por corticoides ou corticosteroides, que são distribuídos em três grupos: mineralocorticoides, glicocorticoides e sexocorticoides.

A) **Mineralocorticoides** – Atuam na manutenção do equilíbrio hidrossalino do organismo. Entre eles, a aldosterona é o mais ativo e, consequentemente, o mais importante. Esses hormônios agem, principalmente, nos túbulos renais, mas também na mucosa gástrica, e nas glândulas salivares e sudoríparas, estimulando a reabsorção de sódio.

B) **Glicocorticoides** – Representados principalmente pelo cortisol (hidrocortisona), atuam no metabolismo dos carboidratos, dos lipídios e das proteínas, estimulando a neoglicogênese (gliconeogênese) no fígado. A neoglicogênese consiste na formação de glicose a partir de lipídios e de proteínas. Esses hormônios também inibem a síntese de DNA, particularmente no tecido linfoide, diminuindo, assim, a resposta imune. Têm, ainda, ação antialérgica e anti-inflamatória.

O excesso da produção dos corticoides aldosterona e / ou dos glicocorticoides pode acarretar a doença de Cushing, caracterizada por hiperglicemia, fraqueza muscular, hipertensão e edemas (inchaços). Por outro lado, a escassez desses hormônios pode acarretar a doença de Addison, caracterizada por desidratação, hipotensão e hiperpigmentação da pele.

C) **Sexocorticoides** – São hormônios sexuais produzidos pelo córtex da suprarrenal. Entre eles, destaca-se a deidropiandrosterona, que é um andrógeno (hormônio de efeito masculinizante) e anabolizante. Em condições normais, sua produção é muito pequena e, por isso, seu efeito é reduzido e pouco significativo. Entretanto, em casos de tumores da adrenal, quando existe grande produção desse hormônio, pode haver desenvolvimento precoce de características sexuais secundárias no sexo masculino ou masculinização (virilização) no sexo feminino, a qual se caracteriza pelo aparecimento, nas mulheres, de características sexuais secundárias masculinas (desenvolvimento dos pelos no rosto, mudança no tom de voz, etc.).

Medula da suprarrenal

É a parte mais interna da glândula, controlada pelo SNA (Sistema Nervoso Autônomo). Produz adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), hormônios quimicamente semelhantes que, quando liberados no sangue, potencializam (reforçam) o efeito do sistema nervoso simpático.

A) **Adrenalina** – É liberada em maior quantidade na corrente sanguínea em situações de medo, susto, tensão, emoções intensas, etc. Nessas situações, a adrenalina deixa o organismo em estado de prontidão, aumentando sua capacidade de reagir diante de uma situação desfavorável. A adrenalina lançada bruscamente na corrente sanguínea provoca, entre outros, os seguintes efeitos: vasoconstrição periférica (daí a palidez), aumento do ritmo respiratório, taquicardia, hipertensão, dilatação da pupila, contração dos músculos eretores dos pelos, glicogenólise (quebra do glicogênio em glicose que ocorre no fígado) com consequente aumento da glicemia (taxa de glicose no sangue). A adrenalina ativa a enzima fosforilase que, ao atuar sobre o glicogênio, o converte em glicose. Essa glicose é, então, lançada na corrente sanguínea. Isso permite às células, em especial as musculares, obter rapidamente mais energia, que será necessária para enfrentar essas situações de perigo ou emergência. Por isso, a adrenalina é considerada o "hormônio de emergência". A ação da adrenalina é rápida, pois logo é inativada por enzimas no fígado (mais ou menos ao fim de três minutos).

B) **Noradrenalina** – É liberada em quantidades muito pequenas, de forma mais ou menos constante, independentemente da liberação da adrenalina. Age principalmente regulando a pressão sanguínea para mantê-la em níveis normais.

PÂNCREAS

É uma glândula anfícrina (mista) localizada na cavidade abdominal, abaixo do estômago e diante do duodeno.

Localização do pâncreas

Sua secreção exócrina é o suco pancreático, que é lançado na cavidade do duodeno, onde participa da quilificação.

Os hormônios glucagon e insulina são as secreções endócrinas do pâncreas. Esses hormônios regulam a taxa de glicose e são produzidos por grupos de células pancreáticas, denominados ilhotas pancreáticas (ilhotas de Langerhans), nos quais distinguimos as células-alfa (produtoras de glucagon) e as células-beta (produtoras de insulina).

O glucagon estimula a glicogenólise no fígado, ou seja, a conversão do glicogênio em moléculas de glicose, que são, então, descarregadas no sangue. Dessa forma, o glucagon contribui para aumentar a glicemia.

A insulina atua na membrana das células, favorecendo a absorção de glicose. Uma vez no interior das células, a glicose é utilizada na respiração celular ou, então, armazenada sob a forma de glicogênio. Desse modo, a insulina atua no sentido de diminuir a glicemia.

Os dois hormônios pancreáticos, glucagon e insulina, exercem, portanto, ações antagônicas: enquanto o glucagon tem efeito glicemiante (age no sentido de aumentar a glicemia), a insulina tem efeito antiglicemiante (age no sentido de diminuir a glicemia).

Na espécie humana, a normoglicemia (taxa normal de glicose na corrente sanguínea) situa-se entre 70 e 110 mg/100 mL de sangue. Em certas situações, como após uma refeição ou uma ingestão acentuada de doces, a taxa de glicose no sangue eleva-se, e isso estimula o pâncreas a liberar insulina no sangue. Assim, o excesso de glicose é retirado da circulação e a normoglicemia é restabelecida.

Quando o pâncreas produz quantidades insuficientes de insulina, surge uma doença conhecida por *diabetes mellitus* (diabete melito). Nesse caso, o excesso de glicose permanece no sangue, configurando uma hiperglicemia. Pode-se, então, detectar a glicose na urina (glicosúria), uma vez que a capacidade de reabsorção de glicose nos rins é limitada; a presença de glicose nos túbulos renais retém água, que é eliminada pelo organismo, acarretando um aumento do volume de urina, o que, por sua vez, pode trazer como consequência a desidratação. A incapacidade de utilização da glicose provoca a sensação de fraqueza muscular, de fome e de sede excessivas. Em médio e em longo prazo, o indivíduo diabético pode apresentar dificuldade de cicatrização e de coagulação, além de distúrbios circulatórios, que podem acarretar gangrena nas extremidades de membros, problemas articulares, cegueira e lesões cerebrais. A *diabetes mellitus* pode ser uma doença determinada geneticamente, como também pode ser uma doença adquirida em consequência de lesões pancreáticas.

Quando a taxa de glicose na corrente sanguínea diminui (menos de 0,7 mg/mL), o pâncreas é estimulado a secretar o glucagon. Então, sob ação desse hormônio, o fígado passa a realizar a glicogenólise (conversão de glicogênio em glicose), liberando glicose na corrente sanguínea e elevando a glicemia. Isso acontece, por exemplo, quando uma pessoa fica sem se alimentar por muitas horas.

TESTÍCULOS

São as gônadas (glândulas sexuais) masculinas. No homem e em muitos outros animais, localizam-se no interior da bolsa escrotal (saco escrotal). Além de serem responsáveis pela produção dos espermatozoides, os testículos produzem testosterona, hormônio sexual masculino, responsável pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas (barba, voz grave, músculos mais desenvolvidos, etc.). Essa função endócrina dos testículos, ou seja, a produção do hormônio testosterona, é realizada pelas células intersticiais de Leydig, sob o estímulo do ICSH da adeno-hipófise.

OVÁRIOS

São as gônadas femininas, que se localizam na parte inferior da cavidade abdominal, uma de cada lado do útero. Além de produzirem os "óvulos", os ovários produzem os hormônios sexuais femininos: estrógenos e progesterona.

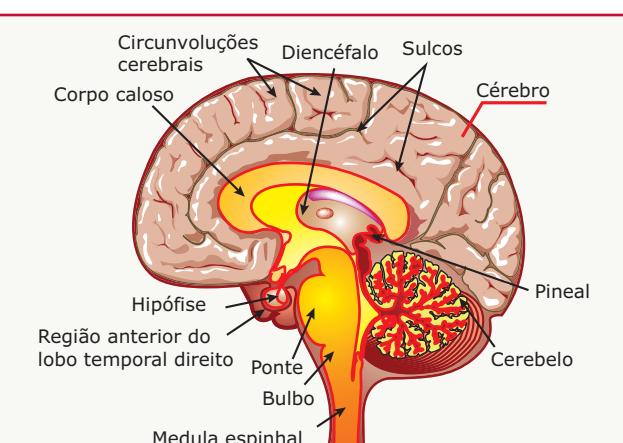
Os estrógenos (estrogênios), representados principalmente pelo estradiol, pela estrona e pelo estriol, são responsáveis pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias femininas (pele mais delicada, pelos na área genital, desenvolvimento dos órgãos sexuais, desenvolvimento das mamas, etc.), tendo também papel importante na regulação do ciclo menstrual e na fixação de cálcio pelos ossos.

A progesterona relaciona-se com a preparação do útero para a gravidez, pois estimula a proliferação de vasos sanguíneos e tecidos na mucosa uterina, criando condições para a fixação e o desenvolvimento do embrião. Juntamente com o estrógeno, também participa da regulação do ciclo menstrual.

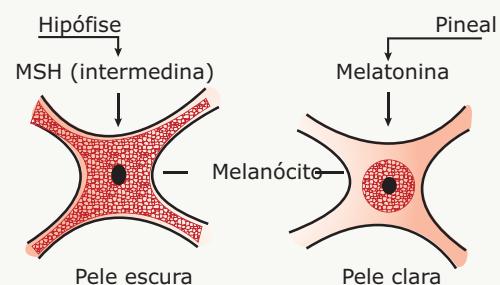
TIMO

É um orgão linfoide (possui, em sua constituição, tecido hematopoético linfoide) e, portanto, faz parte do sistema imunológico (sistema de defesa do organismo). Também atua como uma glândula endócrina. Localiza-se na caixa torácica, atrás do osso esterno. Produz os hormônios timosina e timopoietina, que estimulam outros órgãos do sistema linfoide (gânglios, linfáticos, baço, etc.), bem como a maturação dos linfócitos-T.

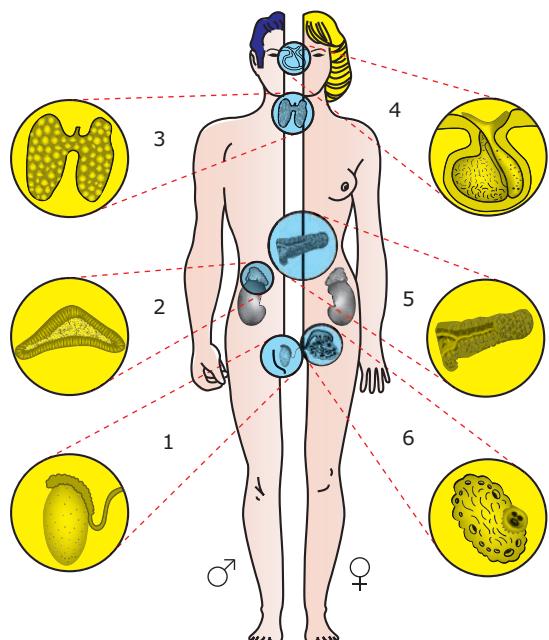
REGULAÇÃO HORMONAL

Muitas estruturas do nosso sistema endócrino são estimuladas a funcionar e, consequentemente, a produzir seus hormônios quando recebem estímulos originários do sistema nervoso. É o caso, por exemplo, da medula da suprarrenal que, ao receber estímulos nervosos, passa a produzir e a liberar bruscamente a adrenalina na corrente sanguínea. Outro exemplo de regulação de produção hormonal feita pelo sistema nervoso é a produção da oxitocina pelo hipotálamo e sua liberação pela neuro-hipófise.

Muitas glândulas, entretanto, têm a produção de seus hormônios regulada por um mecanismo de autocontrole conhecido por *feedback* (retroalimentação), em que a concentração no organismo de uma substância sintetizada e / ou liberada sob estímulo de uma glândula controla sua própria produção. Quando o aumento da concentração sanguínea de um hormônio estimula a produção de um outro hormônio, o *feedback* é positivo. Por outro lado, quando o aumento da concentração de um hormônio inibe a produção de um outro hormônio, o *feedback* é negativo.

Um bom exemplo do mecanismo de *feedback* acontece no controle da glândula tireoide feito pela hipófise. A hipófise produz o TSH, que vai atuar na tireoide, estimulando a produção e a liberação dos hormônios T_3 e T_4. Quando a concentração desses hormônios tireoidianos atingir taxas elevadas no sangue, eles passam a inibir a produção de TSH pela hipófise. Ao diminuir a taxa de TSH no sangue, também diminuem as de T_3 e T_4, desfazendo-se o efeito inibitório sobre a hipófise que, assim, aumenta a produção de TSH, reiniciando o ciclo regulatório.

LEITURA COMPLEMENTAR

Glândula pineal (epífise)

É uma pequena glândula de, aproximadamente, 10 mm de comprimento que pesa cerca de 150 mg. Localiza-se na caixa craniana, posterior ao diencéfalo (região do encéfalo formada pelo tálamo e pelo hipotálamo). Produz o hormônio melatonina, cuja função no homem ainda é pouco conhecida. Sabe-se que essa glândula sofre influência da luminosidade, sendo mais ativa durante a noite, quando a produção de melatonina é maior. Assim, a pineal tem importante participação no ritmo circadiano de 24 horas (ciclo dia / noite) e de outros ritmos biológicos, como os relacionados com as estações do ano. Alguns estudos sugerem que a melatonina também influencia o funcionamento das gônadas, exercendo uma ação antigonadotrófica, isto é, diminuindo o efeito dos hormônios gonadotróficos da adeno-hipófise. A primeira evidência de que a pineal afetaria a função das gônadas foi descoberta quando se verificou que indivíduos portadores de tumores destrutivos da pineal apresentavam puberdade precoce e hipertrofia das glândulas sexuais.

Ao que parece, a luz também exerce uma ação sobre as gônadas através da pineal: a luz inibe a produção de melatonina pela pineal. Com isso, haverá uma maior ação dos hormônios gonadotróficos (FSH, LH), estimulando uma maior atividade das gônadas, visto que a melatonina inibe a secreção de LH e FSH pela hipófise. Isso explicaria, por exemplo, a maior produção de ovos nos galinheiros iluminados quando comparados com aqueles em que há pouca iluminação.

Em muitos vertebrados, como em certas espécies de peixes, anfíbios e répteis, a melatonina tem papel importante no mecanismo da camuflagem, uma vez que atua nos melanócitos, concentrando os grânulos de melanina em torno do núcleo celular e provocando, com isso, o clareamento da pele do animal. Tem, portanto, um efeito antagônico ao da intermedina (MSH) da hipófise (veja o esquema a seguir).

Pela ação do MSH, os grânulos de melanina são dispersados por toda a superfície do citoplasma, escurecendo a pele do animal. Por outro lado, por ação da melatonina, os grânulos de melanina se concentram ao redor do núcleo celular, clareando a pele do animal. Essas alterações podem ser observadas, por exemplo, em um sapo: colocando-se o animal em uma caixa com fundo claro, a sua pele, aos poucos, vai se tornando clara; se o fundo for escuro, a pele torna-se escurecida. Essas alterações na tonalidade da pele têm por objetivo camuflar o animal, confundindo-o com o ambiente. Experiências realizadas com alguns animais mostram que essa adaptação às alterações de tonalidade do ambiente se dá através da estimulação do aparelho visual. A retina desses animais, ao ser estimulada, gera impulsos nervosos que, através de nervos, chegam à hipófise ou à pineal e, assim, estimulam a liberação do MSH ou da melatonina.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Instrução: Os exercícios 1, 2 e 3 referem-se à figura a seguir, onde estão indicadas algumas glândulas do organismo humano.

01. **CITE** o(s) número(s) da(s) glândula(s) que

A) produz hormônio estimulante do metabolismo celular em todo o organismo.

B) controla o funcionamento das gônadas.

C) tem funcionamento deficiente nos indivíduos com *diabetes mellitus*.

D) lança uma de suas secreções na cavidade do duodeno.

E) produz hormônio que estimula a produção de leite pelas glândulas mamárias.

F) libera hormônio que estimula contrações do útero por ocasião do parto.

G) apresenta agrupamentos celulares denominados ilhotas de Langerhans.

H) tem função gametogênica e função hormonal.

02. **CITE** o número da glândula responsável pela produção dos seguintes hormônios:

A) aldosterona

B) glucagon

C) calcitonina

D) adrenalina

E) ACTH

F) STH

G) tiroxina

H) insulina

03. **CITE** o número da glândula cuja disfunção se relaciona com as seguintes anomalias:

A) exoftalmia

B) acromegalia

C) doença de Addison

D) *diabetes mellitus*

E) bócio

F) cretinismo

G) gigantismo

H) doença de Cushing

04. (UFMG) A parte glandular da hipófise comanda diversas outras glândulas do organismo.

Todas as glândulas citadas são controladas diretamente pela hipófise, **EXCETO**

A) ovário.

B) pâncreas.

C) suprarrenal.

D) testículo.

E) tireoide.

05. (FUVEST-SP) Considere as seguintes funções do sistema endócrino:

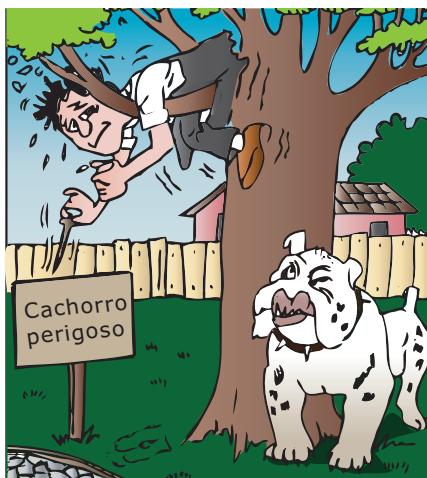
1. Controle do metabolismo de açúcar;
2. Preparação do corpo para situações de emergência;
3. Controle de outras glândulas endócrinas.

As glândulas que correspondem a essas funções são, respectivamente,

A) salivar, tireoide e hipófise.

B) pâncreas, hipófise e tireoide.

C) tireoide, salivar e adrenal.

D) pâncreas, adrenal e hipófise.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UEL-PR–2010) Há dois tipos de diabetes: o tipo I, que surge em jovens e se caracteriza pela menor produção de insulina, e o tipo II, que aparece na idade adulta, em que os níveis de insulina estão normais, mas os receptores tornam-se resistentes à insulina. Nos últimos anos, tem aumentado o número de adolescentes obesos que desenvolvem diabetes tipo II.

Sobre diabetes, insulina e controle da glicemia (nível de glicose no sangue), é **CORRETO** afirmar:

A) Em condições normais, a insulina é liberada pelo pâncreas para controlar o nível elevado de glicose sanguínea.

B) Um indivíduo que passa horas sem se alimentar apresenta aumento da produção de insulina.

C) A ins ulina tem como principal ação a liberação de glicose pelo pâncreas.

D) Entre as refeições, o fígado armazena glicose, mantendo-a na sua forma original para sua imediata liberação quando necessária.

E) A diabetes tipo II, precoce ou não, é consequência de uma hipofunção das células pancreáticas.

02. (UFMG)

A glândula responsável pela produção da substância que desencadeou o conjunto de reações apresentadas pelo indivíduo ao fugir do cachorro denomina-se

A) hipófise.

B) pâncreas.

C) paratireoide.

D) suprarrenal.

E) tireoide.

03. (UDESC-SC–2010) Assinale a alternativa **INCORRETA** quanto às glândulas endócrinas e aos seus hormônios.

A) glândulas suprarrenais – adrenalina, glândula paratireoide – hormônio paratormônio

B) hipófise – hormônio luteinizante, glândula paratireoide – hormônio paratormônio

C) tireoide – hormônio do crescimento, hipófise – hormônio calcitonina

D) glândulas suprarrenais – adrenalina, hipófise – hormônio do crescimento

E) tireoide – tiroxina e tri-iodotironina, glândula paratireoide – hormônio paratormônio

04. (UFMG) Os hormônios produzidos nas células alfa e beta das ilhotas pancreáticas exercem todos os efeitos fisiológicos citados, **EXCETO**

A) aumentar a utilização de glicose pelas células do organismo.

B) estimular a conversão de glicogênio hepático em glicose sanguínea.

C) diminuir a concentração de glicose no sangue.

D) aumentar o armazenamento do glicogênio e o metabolismo da glicose.

E) estimular a conversão de glicídios em proteínas sanguíneas.

05. (FCMMG) A determinação do metabolismo basal de um indivíduo pode ser de grande auxílio no diagnóstico de alguns distúrbios endócrinos. O metabolismo basal refere-se ao consumo mínimo de energia gasta quando o organismo está em repouso e pelo menos 12 horas depois de uma refeição leve. Sabendo-se que há hormônios ligados à ativação do metabolismo, o estudo do metabolismo seria, então, útil no esclarecimento dos distúrbios da glândula

A) pineal.

B) salivar.

C) pâncreas.

D) suprarrenal.

E) tireoide.

06. (PUC Minas) Numa pessoa com deficiência de crescimento denominado nanismo hipofisário, deve-se pensar nos seguintes distúrbios:

1. De secreção de STH.
2. De secreção de LTH.
3. De secreção de calcitonina.
4. De secreção de aldosterona.
5. A nível do hipotálamo, inibindo a secreção do fator liberador de STH.

O número de distúrbios que se aplicam ao caso é de

A) 1.

B) 2.

C) 3.

D) 4.

E) 5.

07. (FCMSC-SP) Numa experiência, destruiu-se a glândula paratireoide de um gato. O gato passou, então, a sofrer alterações no metabolismo do

A) sódio.
B) cálcio.
C) potássio.
D) iodo.
E) ferro.

08. (UMC-SP) A vasopressina ou hormônio antidiurético, responsável, em deficiência, pelo diabetes insípido, é liberada pela(o)

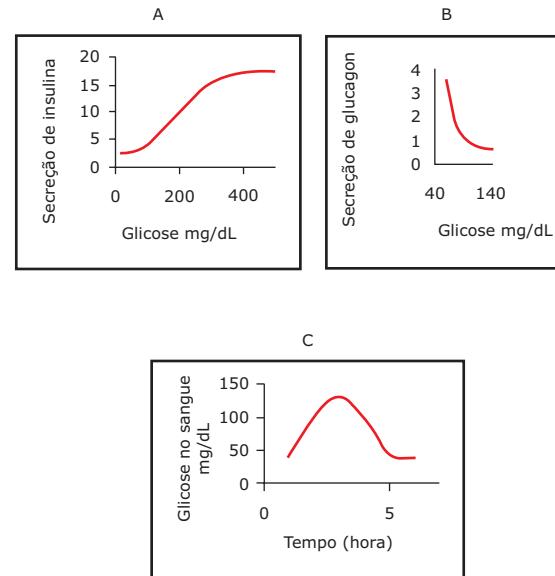
A) parte endócrina do pâncreas.
B) medula da adrenal.
C) córtex da suprarrenal.
D) adeno-hipófise.
E) neuro-hipófise.

09. (UFRGS) Se analisarmos o sangue de uma pessoa em situação de emergência ou perigo, ou num momento de susto, poderemos identificar o aumento do hormônio

A) tiroxina.
B) corticotrofina.
C) gonadotrofina.
D) ocitocina.
E) adrenalina.

10. (VUNESP) Um paciente adulto procurou um endocrinologista porque estava com baixo peso, metabolismo basal muito alto, nervosismo e globo ocular saliente (exoftalmia). A disfunção hormonal que poderia ser responsável pelo quadro apresentado pelo paciente envolve

A) o pâncreas.
B) a paratireoide.
C) a adrenal.
D) a tireoide.
E) a suprarrenal.

11. (OSEC-SP) A reabsorção do sódio nos túbulos renais e a contração da musculatura lisa da parede uterina são duas funções realizadas, respectivamente, pelos hormônios

A) aldosterona e vasopressina.
B) paratormônio e vasopressina.
C) vasopressina e ocitocina.
D) aldosterona e ocitocina.
E) vasopressina e paratormônio.

12. (PUC Minas) Os hormônios são substâncias químicas produzidas por uma célula, ou por um grupo de células, e liberados no sistema circulatório para exercer seu efeito fisiológico de controle sobre outras células do corpo. Muitos deles são produzidos em laboratórios e utilizados no tratamento de pacientes humanos. Por exemplo: o hormônio A estimula a contração da musculatura uterina e pode ser utilizado em partos induzidos; o hormônio B participa da regulação do metabolismo da glicose e pode ser utilizado como anti-inflamatório.

Podemos afirmar que os hormônios A e B são, respectivamente,

A) ocitocina e insulina.
B) cortisona e glucagon.
C) adrenalina e tiroxina.
D) ocitocina e cortisona.
E) prolactina e adrenalina.

13. (Unicamp-SP–2011). Os gráficos A, B e C mostram as variações da secreção de insulina e glucagon em função da concentração de glicose, e as variações da concentração de glicose no sangue, após uma refeição rica em carboidratos:

Com base nos gráficos anteriores, pode-se afirmar que

A) se os níveis de glicose no sangue estão altos, a secreção de insulina aumenta para permitir que as moléculas de glicose sejam absorvidas pelas células, e os níveis de glucagon permanecem baixos, pois não há necessidade de o glicogênio ser transformado em glicose.

B) o aumento dos níveis de glicose no sangue causa um aumento da secreção de insulina e de glucagon por células do pâncreas, pois ambos os hormônios contribuem para que as moléculas de açúcar atravessem a membrana plasmática das células.

C) a secreção de glucagon é alta em indivíduos que tenham se alimentado de carboidrato duas horas antes, pois muitos desses carboidratos acabam se transformando em glicose; já com relação à insulina, ocorre um aumento porque os níveis de glicose estão elevados.

D) as células secretoras do pâncreas estão sempre produzindo grandes quantidades de insulina e de glucagon, pois esses dois hormônios são responsáveis pela captura de glicose do sangue para as células.

14. (FUVEST-SP) Uma jovem que sempre foi saudável chegou a um hospital em estado de coma. O histórico da paciente revelou que ela recebera erroneamente injeção de uma dose excessiva de insulina.

A) Por que a injeção de insulina induziu o coma na jovem?

B) A insulina é normalmente administrada a pacientes com disfunção de que órgão? Qual é a doença causada pela deficiência de insulina?

15. (UFRJ) Os hormônios são substâncias lançadas no sangue que controlam diversas atividades do organismo. A maior parte dessas substâncias é fabricada por agrupamentos de células epiteliais, as glândulas endócrinas. Cada hormônio age como um mensageiro químico, atuando em determinados tecidos do corpo, os tecidos-alvo.

Por que os hormônios, uma vez lançados no sangue, só atuam nos tecidos-alvo e não em todos os tecidos do corpo?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2000) O metabolismo dos carboidratos é fundamental para o ser humano, pois, a partir desses compostos orgânicos, obtém-se grande parte da energia para as funções vitais. Por outro lado, desequilíbrios nesse processo podem provocar hiperglicemia ou diabetes. O caminho do açúcar no organismo inicia-se com a ingestão de carboidratos que, chegando ao intestino, sofrem ação de enzimas, "quebrando-se" em moléculas menores (glicose, por exemplo) que serão absorvidas. A insulina, hormônio produzido no pâncreas, é responsável por facilitar a entrada da glicose nas células. Se uma pessoa produz pouca insulina, ou se sua ação está diminuída, dificilmente a glicose pode entrar na célula para ser consumida.

Com base nessas informações, pode-se concluir que

A) o papel realizado pelas enzimas pode ser diretamente substituído pelo hormônio insulina.

B) a insulina produzida pelo pâncreas tem um papel enzimático sobre as moléculas de açúcar.

C) o acúmulo de glicose no sangue é provocado pelo aumento da ação da insulina, levando o indivíduo a um quadro clínico de hiperglicemia.

D) a diminuição da insulina circulante provoca acúmulo de glicose no sangue.

E) o principal papel da insulina é manter o nível de glicose suficientemente alto, evitando, assim, um quadro clínico de diabetes.

02. (Enem–2010) *Diversos comportamentos e funções fisiológicas do nosso corpo são periódicos, sendo assim, são classificados como ritmo biológico. Quando o ritmo biológico responde a um período aproximado de 24 horas, ele é denominado ritmo circadiano. Esse ritmo diário é mantido pelas pistas ambientais de claro-escuro e determina comportamentos como o ciclo do sono-vigília e o da alimentação. Uma pessoa, em condições normais, acorda às 8h e vai dormir às 21h, mantendo seu ciclo de sono dentro do ritmo dia e noite. Imagine que essa mesma pessoa tenha sido mantida numa sala totalmente escura por mais de quinze dias. Ao sair de lá, ela dormia às 18h e acordava às 3h da manhã. Além disso, dormia mais vezes durante o dia, por curtos períodos de tempo, e havia perdido a noção da contagem dos dias, pois quando saiu, achou que havia passado muito mais tempo no escuro.*

BRANDÃO, M. L. *Psicofisiologia*. São Paulo: Atheneu, 2000 (Adaptação).

Em função das características observadas, conclui-se que a pessoa

A) apresentou aumento do seu período de sono contínuo e passou a dormir durante o dia, pois seu ritmo biológico foi alterado apenas no período noturno.

B) apresentou pouca alteração do seu ritmo circadiano, sendo que sua noção de tempo foi alterada somente pela sua falta de atenção à passagem do tempo.

C) estava com seu ritmo já alterado antes de entrar na sala, o que significa que apenas progrediu para um estado mais avançado de perda do ritmo biológico no escuro.

D) teve seu ritmo biológico alterado devido à ausência de luz e de contato com o mundo externo, no qual a noção de tempo em um dia é modulada pela presença ou ausência do Sol.

E) deveria não ter apresentado nenhuma mudança do seu período de sono porque, na realidade, continua com o seu ritmo normal, independentemente do ambiente em que seja colocada.

GABARITO

Fixação

01. A) 3
    B) 4
    C) 5
    D) 5
    E) 4
    F) 4
    G) 5
    H) 1 e 6

02. A) 2
    B) 5
    C) 3
    D) 2
    E) 4
    F) 4
    G) 3
    H) 5

03. A) 3
    B) 4
    C) 2
    D) 5
    E) 3
    F) 3
    G) 4
    H) 2

04. B

05. D

Propostos

01. A

02. D

03. C

04. E

05. E

06. B

07. B

08. E

09. E

10. D

11. D

12. D

13. A

14. A) A jovem entrou em coma porque a dose excessiva de insulina causou uma rápida hipoglicemia, ou seja, a taxa de glicose no sangue baixou muito e rapidamente (hipoglicemia), chegando a um nível insuficiente para manter a atividade do Sistema Nervoso Central.

    B) É uma disfunção do pâncreas endócrino. A doença é o diabete melito (*diabetes mellitus*).

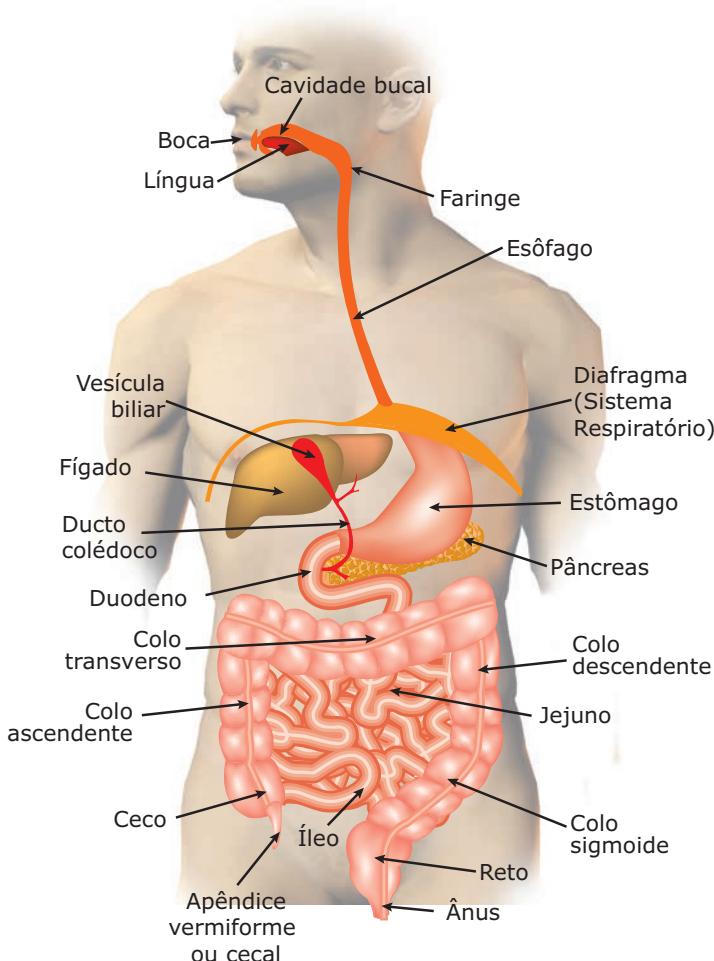
15. As células dos tecidos-alvo apresentam proteínas especiais na membrana plasmática: os receptores hormonais, aos quais se ligam as moléculas do hormônio. Cada tipo de hormônio liga-se apenas aos tipos de células cujos receptores têm afinidade para com eles. Assim, fica garantida a especificidade da ação hormonal.

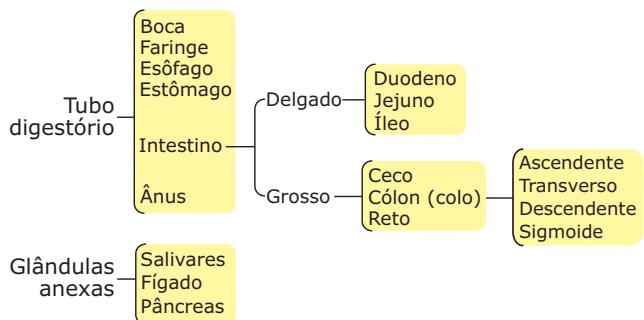
Seção Enem

01. D

02. D

BIOLOGIA

MÓDULO 08 | FRENTE B

Sistema digestório

ANATOMIA E FISIOLOGIA

O sistema digestório humano é formado por um tubo digestório completo e por glândulas anexas.

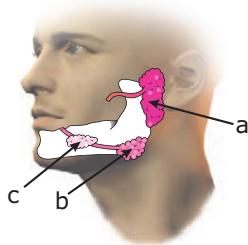
Localização dos órgãos do sistema digestório

O tubo digestório humano é um longo canal ("canal alimentar") com, aproximadamente, 10 metros de comprimento, que se estende da cavidade bucal até o ânus. Compõe-se das seguintes partes: boca, faringe, esôfago, estômago, intestino e ânus.

As glândulas salivares, o fígado e o pâncreas são glândulas anexas ao tubo digestório, uma vez que lançam secreções digestivas em seu interior.

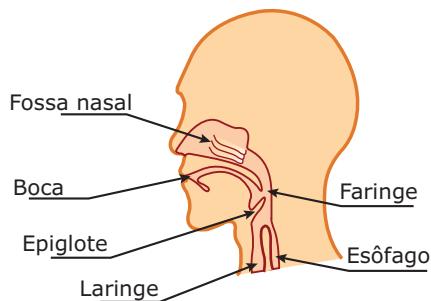
Sistema digestório humano

A boca

É a primeira porção do tubo digestório, em que ocorrem dois fenômenos digestivos: mastigação e insalivação.

A) **Mastigação** – É um fenômeno mecânico (físico) da digestão, que consiste em cortar, dilacerar e triturar os alimentos. Isso é feito pelos dentes, graças aos movimentos executados pela mandíbula (maxilar inferior), que é o único osso móvel de nossa face.

B) **Insalivação** – É a mistura do alimento com a saliva, secreção das glândulas salivares, que contém água, íons (K^+, Na^+, HCO_3^-, etc.) e proteínas, como a amilase salivar (ptialina), a mucina (glicoproteína que dá o aspecto pastoso à saliva) e a lisoenzima (enzima com atividade bactericida).

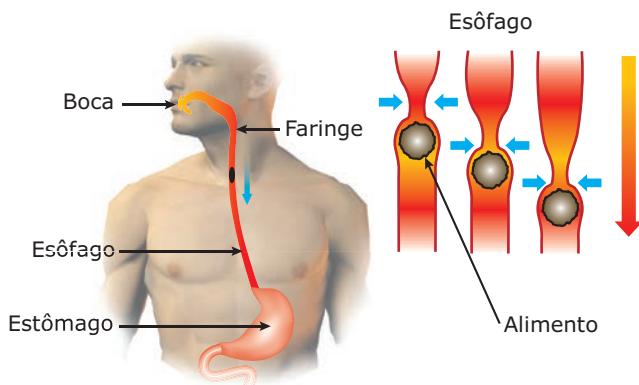
A função básica da saliva é umedecer e amolecer os alimentos (facilitando a mastigação e a deglutição), bem como iniciar o processo de digestão dos carboidratos, uma vez que a amilase salivar propicia o desdobramento de moléculas de amido em moléculas de maltose.

Existem glândulas salivares de diferentes tamanhos, cujos ductos se abrem na cavidade bucal. Entretanto, três pares de glândulas salivares se destacam das demais por serem as maiores e por serem também responsáveis pela produção da maior parte da saliva. São elas as glândulas parótidas, as submaxilares (submandibulares) e as sublinguais.

Glândulas salivares (são mostradas apenas as do lado esquerdo) – ***a.*** *parótida;* ***b.*** *submandibulares;* ***c.*** *sublingual.*

Uma vez mastigado e insalivado, o bolo alimentar é empurrado para a faringe com o auxílio da língua, iniciando-se, então, o processo da deglutição.

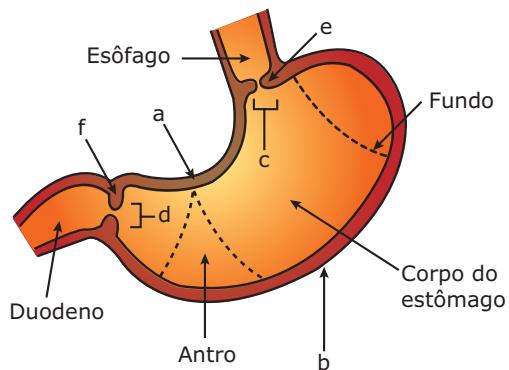
Na deglutição, o alimento passa da boca para a faringe, em seguida para o esôfago e, finalmente, deste para o estômago. Assim, a deglutição é o ato pelo qual o bolo alimentar é levado da boca até o estômago.

A faringe

É um órgão comum aos sistemas digestório e respiratório, uma vez que dá passagem ao bolo alimentar e ao ar. Comunica-se com o esôfago e com a laringe. A sua comunicação com a laringe tem o nome de glote. Sobre a glote, existe uma lâmina cartilaginosa, a epiglote, que, no momento da deglutição, fecha essa comunicação entre a faringe e a laringe, impedindo, assim, a entrada de alimentos nas vias respiratórias.

Esquema que mostra as relações entre as partes superiores dos aparelhos digestório e respiratório.

Após passar pela faringe, o bolo alimentar penetra no esôfago.

O esôfago

É um conduto de, aproximadamente, 25 cm de comprimento que estabelece a comunicação entre a faringe e o estômago. Assim, dando continuidade ao trabalho da faringe, o esôfago leva o bolo alimentar ao estômago. O deslocamento do alimento pela faringe e pelo esôfago em direção ao estômago ocorre graças ao peristaltismo (peristalse, movimentos peristálticos) desses órgãos.

Peristaltismo – É o conjunto dos movimentos ondulatórios, resultantes da contração da musculatura lisa existente nas paredes do tubo digestório. Esses movimentos empurram o bolo alimentar ao longo do tubo digestório.

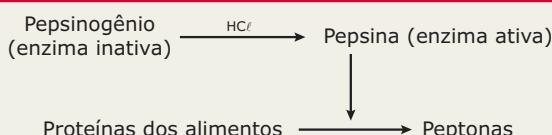
Movimento peristáltico – *O peristaltismo é um fenômeno mecânico da digestão que se inicia na faringe e propaga-se por todo o resto do tubo digestório. Assim, ele também ocorre no estômago e nos intestinos, embora com menor intensidade que na faringe e no esôfago. Enquanto nesses órgãos o peristaltismo apenas conduz o bolo alimentar, no estômago e nos intestinos, o peristaltismo, além dessa função condutora, ajuda a misturá-lo com os sucos digestivos (suco gástrico, suco pancreático, bile, suco entérico).*

O estômago

É uma dilatação do tubo digestório e localiza-se logo abaixo do diafragma (músculo que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal). Sua maior parte está situada do lado esquerdo da cavidade abdominal. Comunica-se com o esôfago através de uma abertura denominada cárdia e com o duodeno (primeira porção do intestino delgado), através da piloro.

Estômago humano – ***a.*** *pequena curvatura;* ***b.*** *grande curvatura;* ***c.*** *cárdia;* ***d.*** *piloro;* ***e.*** *esfíncter da cárdia;* ***f.*** *esfíncter pilórico.*

No estômago, ocorrem dois fenômenos digestivos: peristaltismo e quimificação.

O peristaltismo do estômago, além de conduzir o bolo alimentar, ajuda a misturá-lo com o suco gástrico.

Quimificação – É o fenômeno químico que consiste na mistura do bolo alimentar com o **suco gástrico**.

O suco gástrico é uma secreção composta de água, HCℓ (ácido clorídrico), enzimas (pepsina, coagulase) e mucina (glicoproteína). É produzido pelas glândulas gástricas existentes na mucosa do estômago. Essas glândulas são formadas por diferentes tipos de células, destacando-se as parietais, as zimogênicas e as mucosas.

A) **Células parietais (oxínticas)** – São responsáveis pela produção do HCℓ. Além de fornecer o pH adequado para a ação das enzimas que atuam na cavidade do estômago (cavidade gástrica), o HCℓ funciona como ativador da enzima pepsinogênio e também contribui para a coagulação do leite e para a desmineralização de fragmentos ósseos ingeridos. O HCℓ também tem poder antisséptico, pois a maioria dos micro-organismos não sobrevive em pH ácido. Assim, o HCℓ tem um importante papel na destruição de muitas espécies de bactérias, algumas, inclusive, nocivas, que normalmente entram em nosso organismo junto com os alimentos ingeridos.

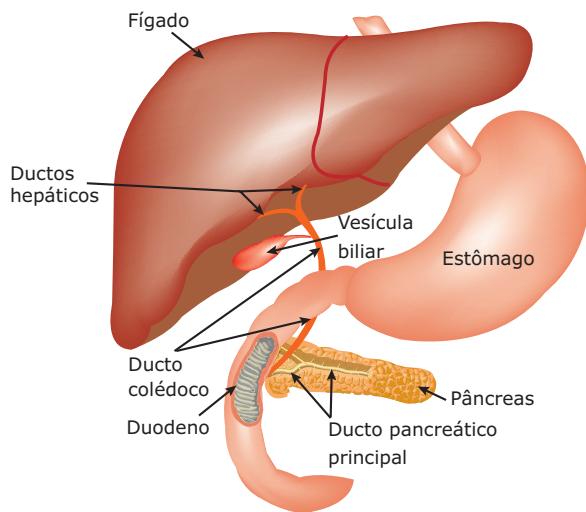
B) **Células zimogênicas (pépticas)** – São responsáveis pela produção das enzimas encontradas no suco gástrico. Entre essas enzimas, destacam-se o pepsinogênio e a coagulase.

O pepsinogênio é uma enzima inativa que, ao entrar em contato com o HCℓ, é ativada, transformando-se em pepsina. A pepsina, assim formada, começa a atuar sobre as proteínas presentes no bolo alimentar, desdobrando-as em moléculas ou frações proteicas menores, que muitos autores chamam de peptonas.

Como é possível perceber, a produção de HCℓ é imprescindível para "criar uma condição de trabalho" para a pepsina. Se a produção desse ácido não for satisfatória, haverá dificuldade ou maior lentidão na etapa do processo digestivo que se passa na cavidade do estômago. O HCℓ funciona como um ativador enzimático. Sua ação é necessária para dar início ao processo de digestão das proteínas. Na ausência do HCℓ, o pepsinogênio não se transforma em pepsina e, consequentemente, não se iniciará a digestão das proteínas presentes nos alimentos ingeridos.

Outra enzima do suco gástrico é a coagulase (renina), que coagula a caseína (proteína do leite). No lactente, isso é muito importante, pois o leite coagulado permanece mais tempo no estômago, sofrendo ação mais eficaz da pepsina.

C) **Células mucosas** – São responsáveis pela produção da mucina (muco), glicoproteína responsável pela viscosidade do suco gástrico e que protege as células da própria mucosa gástrica da ação corrosiva do HCℓ.

A quimificação transforma o bolo alimentar em uma massa de consistência semilíquida, denominada quimo, que passa do estômago para o duodeno.

O intestino

O intestino é dividido em duas porções: a primeira denominada intestino delgado, e a segunda, intestino grosso.

O duodeno é a primeira parte do intestino delgado. Descreve uma trajetória em forma de "C", tendo, aproximadamente, entre 15 e 20 cm de comprimento. Nele, há uma continuidade do peristaltismo e a ocorrência da quilificação.

O peristaltismo do duodeno é muito semelhante ao do esôfago e ao do estômago, e tem a finalidade de misturar o quimo, proveniente do estômago, com os sucos digestivos, bem como fazer com que o mesmo progrida ao longo do tubo digestório.

Quilificação – É um fenômeno químico da digestão que consiste na mistura do quimo com o **suco entérico** (suco intestinal), com o **suco pancreático** e com o **suco biliar** (bílis, bile).

BIOLOGIA

O canal (ducto) pancreático ou canal de Wirsung, trazendo o suco pancreático, e o ducto colédoco, trazendo a bile, desembocam juntos no duodeno através de um mesmo orifício, a ampola de Vater.

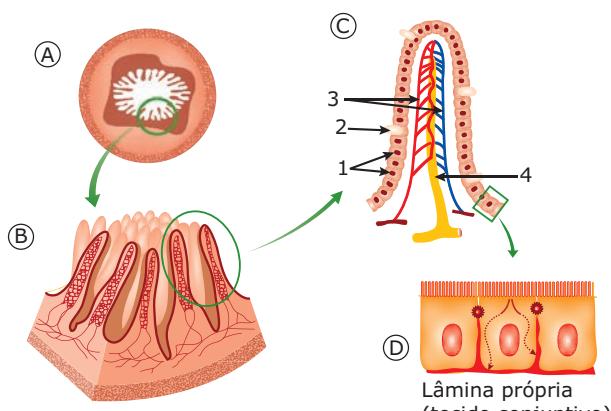
A) **Suco entérico (suco intestinal)** – É produzido pelas glândulas duodenais (glândulas de Brunner) e pelas glândulas intestinais (glândulas de Lieberkuhn) existentes na parede do intestino delgado. Trata-se de uma secreção alcalina, rica em mucina, contendo muitas enzimas: peptidases, lipase entérica, maltase, lactase, sucrase, nucleotidases, fosfatase e enteroquinase. A produção do suco entérico (intestinal) é estimulada pelo Sistema Nervoso Autônomo.

B) **Suco pancreático** – É produzido no pâncreas e, através do canal pancreático (canal de Wirsung), é lançado na cavidade do duodeno. Contém água, íons bicarbonatos e as enzimas amilase pancreática (amilopsina), lipase pancreática, tripsinogênio, quimiotripsinogênio e nucleases (ribonuclease e desoxirribonuclease).

C) **Suco biliar (bílis)** – É produzido no fígado a partir do colesterol e armazenado na vesícula biliar, de onde passa para o duodeno através do canal ou ducto colédoco. Trata-se de uma secreção ligeiramente alcalina, viscosa, de sabor amargo, que contém água, pigmentos (amarelo-esverdeados) e sais (sais biliares). **Não contém enzimas**.

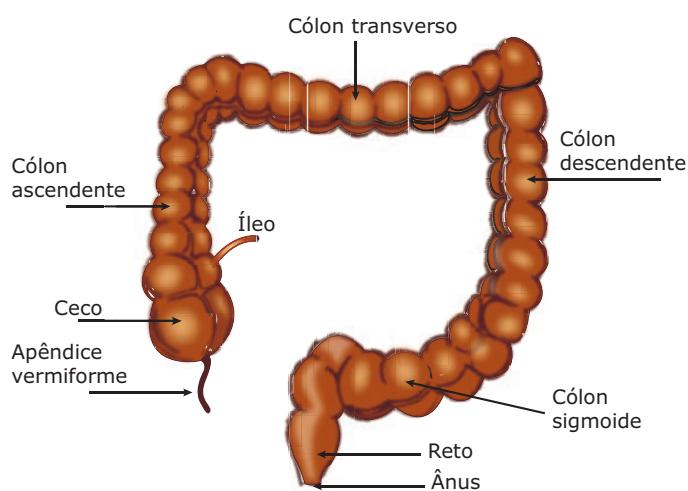
Os sais biliares são os componentes mais importantes da bílis, uma vez que são responsáveis pelo processo de emulsificação dos lipídios, o que facilita a ação das lipases. Atuam como um "detergente", isto é, favorecem o desdobramento de grandes gotas de gordura em glóbulos menores. Com isso, há um aumento da superfície exposta à ação das lipases, facilitando a digestão das gorduras. A bílis também favorece a absorção das vitaminas lipossolúveis que se encontram misturadas às gorduras dos alimentos em digestão.

No duodeno, o tripsinogênio (enzima inativa do suco pancreático) é ativado pela enteroquinase (enzima do suco entérico) e convertido em tripsina (enzima ativa). A tripsina, assim formada, atua sobre as peptonas e sobre as moléculas de proteínas que não foram quebradas no estômago, convertendo-as em frações peptídicas ainda menores (tripeptídeos, dipeptídeos). Essas frações peptídicas menores sofrem, em seguida, a ação das peptidases (tripeptidase, dipeptidase) do suco entérico, transformando-se em aminoácidos. A tripsina também atua sobre o quimiotripsinogênio (enzima inativa do suco pancreático), convertendo-o em quimiotripsina (enzima ativa), que também atua sobre as peptonas e sobre as proteínas de modo semelhante à tripsina.

Também no duodeno, as moléculas de amido que porventura não foram quebradas na cavidade bucal são convertidas em moléculas de maltose, por ação da amilase pancreática (amilopsina). Em seguida, essas moléculas de maltose, bem como aquelas provenientes da quebra do amido ocorrida na cavidade bucal, sofrem a ação da maltase, convertendo-se em moléculas de glicose. Encerra-se, assim, a digestão do amido, que, portanto, inicia-se na cavidade bucal e termina no duodeno.

No duodeno, atuam sobre as moléculas de lactose e sacarose, respectivamente, as enzimas lactase e sucrase (sacarase), convertendo esses dissacarídeos em moléculas menores de monossacarídeos. Assim, podemos dizer que a digestão dos carboidratos começa a ser feita na cavidade bucal, por ação da amilase salivar, e termina no duodeno, por meio da ação das enzimas amilase pancreática, maltase, lactase e sucrase.

É também no duodeno que os lipídios sofrem a ação das lipases, sendo convertidos em ácidos graxos e glicerol, e os ácidos nucleicos, por ação das nucleases, são convertidos em nucleotídeos.

Assim, com o término da quilificação, termina o processo químico da digestão, formando-se o quilo. O quilo contém os produtos finais da digestão de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos que são, respectivamente, monossacarídeos, aminoácidos, ácidos graxos e glicerol e nucleotídeos. Além dessas substâncias, o quilo contém água, vitaminas, sais minerais e as sobras da digestão, isto é, substâncias que não sofrem digestão (celulose, por exemplo). Do duodeno, o quilo passa para o jejunoíleo.

O jejunoíleo é a maior parte do intestino delgado, com cerca de 6 metros de comprimento, e está disposto em numerosas dobras, as chamadas alças intestinais. É a região do tubo digestório onde mais intensamente se dá

a absorção dos nutrientes resultantes da digestão dos alimentos. Sua grande capacidade de absorção se deve às vilosidades intestinais e às microvilosidades. As vilosidades intestinais são projeções da mucosa intestinal. As células que as revestem possuem numerosas microvilosidades. Uma única célula pode chegar a ter 3 000 microvilosidades, o que mostra o imenso aumento da superfície interna da mucosa e a sua grande especialização em realizar absorção.

***A**. Corte transversal do intestino delgado; **B**. Ampliação da mucosa com as vilosidades intestinais; **C**. Detalhe de uma vilosidade intestinal: 1. células dotadas de microvilosidades; 2. células secretoras de muco; 3. capilares sanguíneos; 4. vaso linfático (vaso quilífero). **D**. Célula aumentada, mostrando as microvilosidades e o caminho seguido pelos nutrientes absorvidos.*

O material que não é absorvido, isto é, as sobras do processo digestivo, passa para o intestino grosso.

O intestino grosso é a porção final do tubo digestório e tem, aproximadamente, 1,5 m de comprimento e 6,0 cm de diâmetro. Subdivide-se em três regiões: ceco, cólon e reto.

***Intestino grosso humano** – O ceco é o segmento inicial do intestino grosso. Comunica-se com o intestino delgado através do óstio ileocecal, onde existe a válvula ileocecal. Termina em fundo cego. É ligado ao ceco que encontramos o apêndice cecal (apêndice vermiforme), uma evaginação do próprio ceco, em fundo de saco. Em mamíferos herbívoros não ruminantes, o apêndice é muito longo, tendo um papel importante na digestão da celulose, uma vez que nele se instalam e se reproduzem bactérias que produzem as enzimas necessárias à digestão desse polissacarídeo. No homem, ele é um órgão vestigial, pouco desenvolvido, com uma discreta quantidade de tecido linfoide. O cólon (colo) é a maior parte do intestino grosso. Subdivide-se em ascendente, transverso, descendente e sigmoide (alça sigmoide). O reto é a porção final do intestino grosso que se abre no exterior através do ânus, abertura onde existe um músculo circular, o esfíncter anal.*

O material que passa do intestino delgado para o intestino grosso encontra-se num estado pastoso ou semilíquido. No intestino grosso, ocorre uma intensa absorção da água presente nesse material que, dessa maneira, torna-se mais consistente, formando as fezes que serão eliminadas para o meio externo. As fezes contêm, também, restos de descamação da mucosa digestiva e grande número de bactérias da flora intestinal.

No intestino grosso, ocorre, ainda, a fermentação e a decomposição dos restos alimentares, graças à ação de inúmeras bactérias que aí vivem e que constituem a chamada microbiota intestinal (flora bacteriana intestinal). Essas bactérias podem estabelecer, com o nosso organismo, uma relação de comensalismo ou de protocooperação. As bactérias comensais que vivem em nosso intestino não nos causam nenhum tipo de prejuízo, como também não nos dão nenhum tipo de benefício, sendo esta, portanto, uma relação totalmente indiferente para o nosso organismo. Já as bactérias que vivem em regime de protocooperação produzem certos tipos de vitaminas (vitamina K e vitaminas do complexo B), que são absorvidas pelo nosso organismo.

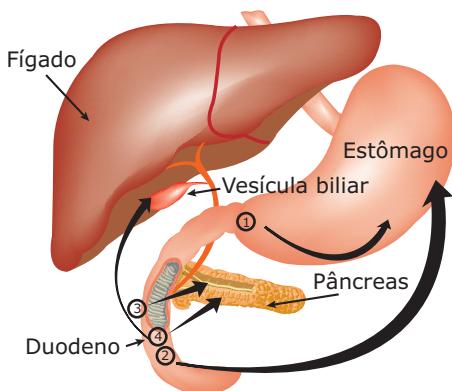
HORMÔNIOS GASTROINTESTINAIS

Durante a digestão, atuam, além do sistema nervoso, alguns hormônios que controlam a secreção de diversos sucos digestivos. Esses hormônios, chamados genericamente de hormônios gastrointestinais, são produzidos por células endócrinas existentes no estômago e nos intestinos. Entre esses hormônios, destacamos: gastrina, enterogastrona, secretina e colecistocinina.

Gastrina

É produzida por células da parede do estômago, localizadas na região pilórica desse órgão. Através da corrente sanguínea, a gastrina chega até as glândulas gástricas, estimulando-as a produzir o suco gástrico. É a presença dos alimentos no estômago, em especial os de natureza proteica, que estimula a produção desse hormônio.

Enterogastrona (peptídeo inibitório gástrico)

É produzida por células da parede do duodeno. Através da corrente sanguínea, chega ao estômago, onde inibe a motricidade gástrica (peristaltismo gástrico) e a produção de gastrina, com consequente inibição da produção do suco gástrico. O estímulo para a produção da enterogastrona é a presença de ácidos graxos (produto da digestão das gorduras) no duodeno. Somente quando o alimento deixa o duodeno, a produção da enterogastrona cessa. Assim, o estômago, não mais inibido, solta outra porção do quimo no duodeno, recomeçando o ciclo.

Secretina

Também é produzida no duodeno e exerce sua ação no pâncreas, estimulando a produção de sucos pancreáticos alcalinos (ricos em bicarbonato), que muito contribuirão para alcalinizar o quimo proveniente do estômago. O estímulo para a produção desse hormônio é a presença do HCℓ no duodeno.

Colecistocinina (colecistoquinina, pancreozimina)

É produzida no duodeno e exerce sua ação na vesícula biliar e no pâncreas. Provoca contrações das paredes da vesícula biliar, determinando, assim, a expulsão da bílis. No pâncreas, estimula a liberação de enzimas. O estímulo para a produção da colecistocinina é a presença de alimento no duodeno.

A imagem a seguir mostra, resumidamente, a atuação dos hormônios gastrointestinais.

Hormônios gastrointestinais* – *1. Gastrina: *é produzida no estômago e atua nele mesmo, estimulando a produção de suco gástrico;* ***2. Enterogastrona:*** *é produzida no duodeno e atua no estômago, inibindo a produção de gastrina e, consequentemente, do suco gástrico;* ***3. Secretina:*** *é produzida no duodeno e atua no pâncreas, estimulando a produção de suco pancreático, rico em bicarbonato;* ***4. Colecistocinina:*** *é produzida no duodeno e atua no pâncreas e na vesícula biliar. No pâncreas, estimula a liberação de enzimas pancreáticas; na vesícula biliar, provoca a contração da mesma e, consequentemente, a liberação da bile.*

LEITURA COMPLEMENTAR

Gastrite e úlceras

A gastrite é um processo inflamatório da mucosa gástrica (mucosa do estômago), que causa forte irritação e dor. Surge devido a um desequilíbrio das secreções de ácido clorídrico e pepsina. Pode ser causada por diversos fatores: o estresse, o fumo, o álcool, temperos fortes, molhos apimentados e mesmo por certos medicamentos, como anti-inflamatórios e o ácido acetilsalicílico ("aspirina").

As úlceras pépticas são ferimentos mais profundos e dolorosos que podem chegar a sangrar, quando se aprofundam e atingem vasos sanguíneos, lesando-os e causando hemorragias. A lesão pode até perfurar totalmente a parede do tubo digestório, sendo, nesse caso, denominada "úlcera perfurada". Nessa situação, torna-se bem mais grave, pois, além de forte hemorragia interna, pode desencadear peritonite, ou seja, inflamação do peritônio (membrana que forra a parede abdominal), o que pode levar à morte.

As úlceras pépticas ocorrem principalmente no duodeno, no estômago e, eventualmente, na porção inferior do estômago.

Uma descoberta recente é que a bactéria *Helicobacter pylori* está diretamente relacionada à maioria dos casos de úlceras. A *H. pylori* quebra a barreira protetora de muco, permitindo que as enzimas do suco gástrico ataquem a parede do tubo digestório. Nesse caso, o tratamento é feito com antibióticos.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Um indivíduo fez uma refeição na qual constavam, basicamente, três substâncias: A, B e C. Durante a digestão, ocorreram os seguintes fatos:

- Na cavidade bucal, iniciou-se a digestão de B.
- Ao chegar ao estômago, iniciou-se a digestão de C, e a digestão de B foi interrompida.
- No duodeno, ocorreu a digestão de A, B e C.

A partir desses dados, é **CORRETO** afirmar que A, B e C são, respectivamente,

A) lípide, proteína e carboidrato.

B) proteína, carboidrato e lípide.

C) lípide, carboidrato e proteína.

D) carboidrato, lípide e proteína.

E) proteína, lípide e carboidrato.

02. (FCMMG) Sabe-se que a amilase salivar tem ótimo desempenho enquanto o alimento se encontra na boca e em seu trajeto pelo esôfago. Esse desempenho cai quando o bolo alimentar atinge o estômago. Podemos deduzir que

A) o aumento da temperatura, à medida que o alimento vai chegando ao estômago, inibe a enzima.

B) a amilase não atua em pH ácido.

C) há uma diminuição acentuada do substrato, já que o estômago é um órgão mais amplo.

D) a água do suco gástrico dilui a amilase.

E) a amilase é destruída pelo peristaltismo.

03. (PUC Minas) Numere a segunda coluna de acordo com a primeira:

1. Transformação química dos alimentos no estômago.
2. Transformação química dos alimentos no duodeno.
3. Enzima do pâncreas que atua sobre os lipídeos, transformando-os.
4. Movimento das paredes do tubo digestório para empurrar o bolo alimentar.
5. Enzima encontrada na saliva que atua sobre o amido, tranformando-o em maltose.

( ) Lipase

( ) Quimificação

( ) Quilificação

( ) Ptialina

( ) Peristaltismo

A sequência **CORRETA** encontrada, de cima para baixo, é

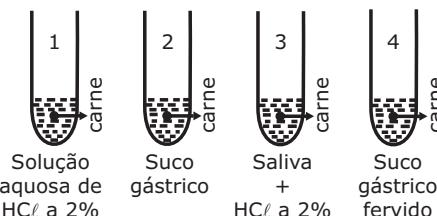
A) 1, 2, 4, 3, 5.

B) 3, 1, 2, 5, 4.

C) 3, 2, 1, 5, 4.

D) 5, 1, 2, 3, 4.

E) 5, 2, 1, 3, 4.

04. (FUVEST-SP) As enzimas digestivas que agem sobre os carboidratos atuam

A) somente na boca.

B) somente no intestino.

C) somente no estômago.

D) na boca e no intestino.

E) no intestino e no estômago.

05. (Objetivo-SP) Na digestão humana, das três enzimas citadas, os alimentos entram em contato, sucessivamente, com

A) ptialina, tripsina e pepsina.

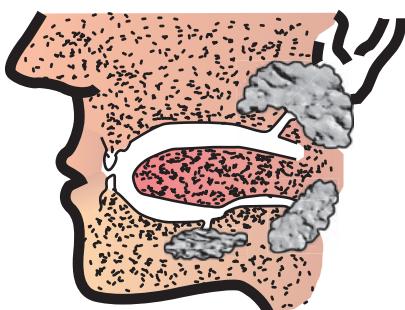
B) ptialina, pepsina e tripsina.

C) tripsina, ptialina e pepsina.

D) tripsina, pepsina e ptialina.

E) pepsina, tripsina e ptialina.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Os tubos de ensaio numerados a seguir, contendo os materiais específicos, foram mantidos em banho-maria, a 37 ºC, em agitação constante.

Decorrido o tempo necessário, peptídeos e derivados da digestão enzimática da carne poderão ser encontrados

A) nos tubos 1, 2 e 4.

B) nos tubos 2, 3 e 4.

C) apenas nos tubos 2 e 4.

D) apenas no tubo 3.

E) apenas no tubo 2.

02. (FUVEST-SP–2010) O fígado humano é uma glândula que participa de processos de digestão e de absorção de nutrientes ao

A) produzir diversas enzimas hidrolíticas que atuam na digestão de carboidratos.

B) produzir secreção rica em enzimas que digerem as gorduras.

C) produzir a insulina e o glucagon, reguladores dos níveis de glicose no sangue.

D) produzir secreção rica em sais que facilita a digestão e a absorção de gorduras.

E) absorver excretas nitrogenadas do sangue e transformá-las em nutrientes proteicos.

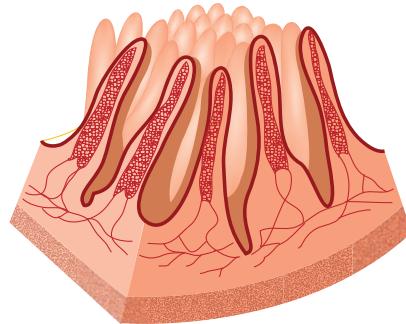
03. (UFMG) Observe a figura:

Nessa figura, estão representadas glândulas do sistema digestório cuja enzima típica atua sobre um substrato que resulta num produto.

A alternativa que mostra a relação **CORRETA** entre o substrato e seu respectivo produto é

A) amido e maltose.
B) gorduras e ácidos graxos.
C) lactose e galactose.
D) peptídeos e aminoácidos.
E) sacarose e glicose.

04. (PUC Minas) Assinale a alternativa que **NÃO** contém um hormônio envolvido na digestão humana.

A) Gastrina
B) Secretina
C) Colecistocinina
D) Enterogastrona
E) Tripsina

05. (PUC Minas) O intestino humano é o hábitat de muitas bactérias que vivem simbioticamente com o nosso organismo. Elas podem obter energia para seu crescimento da parte não aproveitada dos alimentos que ingerimos. Podemos atribuir a essa flora bacteriana residente as seguintes funções, **EXCETO**

A) proteção contra micro-organismos patogênicos transitórios.
B) produção de vitamina K.
C) digestão da celulose e liberação de glicose para o organismo.
D) fermentação e produção de gases.

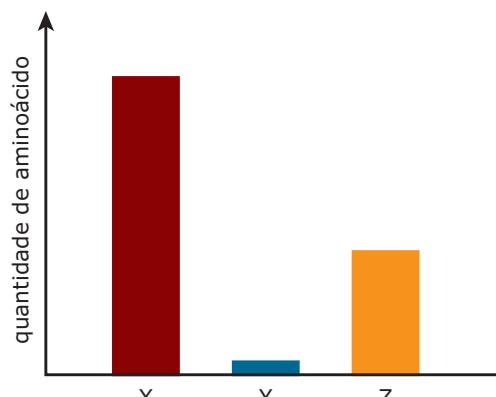
06. (FUVEST-SP) No homem, as proteínas começam a ser digeridas por enzimas produzidas

A) pelo pâncreas.
B) pelo estômago.
C) pelo duodeno.
D) pelas glândulas salivares.
E) pelo fígado.

07. (UFMG) Neste desenho esquemático de um corte de intestino delgado, estão representados diversos tipos de tecidos que ocorrem nessa estrutura.

Nessa estrutura, encontram-se presentes todos os tecidos citados, **EXCETO**

A) conjuntivo.
B) epitelial prismático simples.
C) muscular estriado.
D) muscular liso.
E) nervoso.

08. (FCC-BA) Se, por uma razão qualquer, não mais ocorresse síntese de gastrina numa pessoa, qual das substâncias a seguir não continuaria a ser digerida normalmente?

A) Sacarose
B) Lactose
C) Gordura
D) Amido
E) Proteína

09. (FCMMG) Albert Christian Theodor Billroth (1829-1894) foi o primeiro cirurgião que realizou, com êxito, operações no estômago para corrigir, por exemplo, úlceras gástricas.

Na mucosa do estômago, há produção de várias substâncias importantes para a digestão, tais como

A) lipase e tripsina.
B) enzima e ácido.
C) gastrina e vitamina B_{12}.
D) substâncias alcalinas para o equilíbrio do pH no suco gástrico.

10. (PUC Rio–2011) As proteínas alimentares são digeridas em etapas, até que seus produtos finais, os aminoácidos, possam ser absorvidos. O gráfico abaixo mostra a relação entre a quantidade de aminoácidos formados em três compartimentos do tubo digestório algum tempo após a ingestão de uma refeição rica em proteínas.

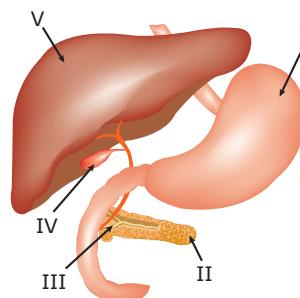
Os compartimentos estômago, duodeno e jejunoíleo estão representados no gráfico pelas barras identificadas, respectivamente, por

A) Y, X e Z.
B) X, Y e Z.
C) Z, X e Y.
D) Y, Z e X.

11. (UFC) Atualmente, uma das áreas da pesquisa médica onde se investe muito é a que trata das questões de obesidade, um mal cada vez mais frequente no mundo ocidental.

Recentemente, um medicamento foi lançado com promessas de auxiliar nos tratamentos de redução do peso corporal. O mecanismo de ação da droga é a inibição da digestão dos lipídios no trato digestório e a consequente redução da absorção de gorduras. Assinale a alternativa que **MELHOR** explica o mecanismo de ação dessa droga.

A) Estimula a liberação de ácidos biliares, que atuam no intestino.
B) Inibe a ação da lipase pancreática, que atua no intestino.
C) Inibe a ação das enzimas proteolíticas no intestino.
D) Estimula o processo de emulsificação das gorduras.
E) Estimula os processos de hidrólise das gorduras.

12. (UFTM-MG–2010) O consumo excessivo de bebidas alcoólicas pode causar quadros de pancreatite. Nesse distúrbio, as enzimas são retidas no pâncreas e podem causar lesões e inflamação da glândula. Portanto, o álcool não afeta somente o fígado, como muitas pessoas pensam. Assim, um alcoólatra pode desenvolver distúrbios no sistema digestório e, dessa forma, ter um prejuízo na digestão de

A) proteínas, apenas.
B) proteínas e lipídios, apenas.
C) lipídios e carboidratos, apenas.
D) carboidratos, proteínas e lipídios, apenas.
E) proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos.

13. (UFRJ) Em uma campanha publicitária divulgada pela televisão, uma pessoa "ataca" a geladeira, à noite, e pega um pedaço de bolo. Nesse momento, uma criatura representando uma enzima do estômago adverte: "você vai empanturrar e descansar enquanto eu vou ficar trabalhando a noite toda".

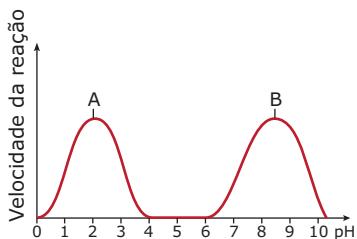
Como sabemos, os bolos são feitos basicamente de farinha de trigo, açúcar e manteiga.

INDIQUE os órgãos produtores de enzimas digestivas que teriam "mais razões para reclamar", se a fisiologia digestiva fosse rigorosamente observada. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

14. (UFV-MG) O esquema a seguir representa uma seção do tubo digestório humano com alguns anexos. Observe as indicações e resolva os itens.

A) **CITE** o nome do substrato digerido pela principal enzima produzida em I.
B) Qual a função da substância armazenada em IV?
C) Pacientes com problemas de metabolismo da glicose podem apresentar disfunção de secreção endócrina do anexo indicado por qual número?

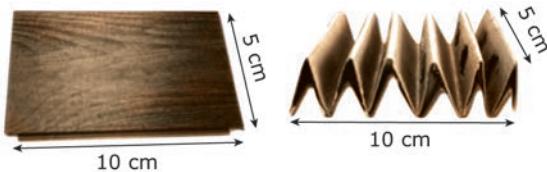
15. (PUC-Campinas-SP / Adaptado) Uma determinada enzima, retirada de um órgão do sistema digestório humano, foi distribuída igualmente em oito tubos de ensaio. O tipo de alimento e o pH de cada tubo estão indicados na tabela a seguir:

Tubo de ensaio	Alimentos adicionados	pH
I	Pão	12,0
II	Pão	7,0
III	Carne	3,0
IV	Carne	7,0
V	Arroz	12,0
VI	Arroz	3,0
VII	Ovo	12,0
VIII	Ovo	7,0

Os tubos de ensaio foram mantidos a 37 ºC e, após algumas horas, observou-se a digestão do alimento apenas no tubo III. Com base nesses dados e conhecimentos adquiridos, responda:

A) Qual foi a enzima utilizada no experimento?
B) De qual órgão essa enzima foi retirada?

SEÇÃO ENEM

01. Durante a digestão dos alimentos em nosso organismo, participam diversas enzimas que atuam em diferentes segmentos do nosso tubo digestório. A ptialina, por exemplo, atua na cavidade bucal; a pepsina, na cavidade estomacal, enquanto a tripsina, a lipase e a enteroquinase exercem suas ações na cavidade do duodeno.

No gráfico a seguir, as letras A e B indicam os pontos ótimos de pH de duas enzimas que atuam no nosso processo digestivo.

Com base nas informações do gráfico e em outros conhecimentos sobre o sistema digestório humano, é correto dizer que os pontos **A** e **B** correspondem, respectivamente, aos pontos ótimos de atuação das enzimas

A) tripsina e pepsina.
B) ptialina e lipase.
C) tripsina e enteroquinase.
D) pepsina e tripsina.
E) lipase e ptialina.

02. (Enem–2010) Para explicar a absorção de nutrientes, bem como a função das microvilosidades das membranas das células que revestem as paredes internas do intestino delgado, um estudante realizou o seguinte experimento:

Colocou 200 mL de água em dois recipientes. No primeiro recipiente, mergulhou, por 5 segundos, um pedaço de papel liso, como na figura 1; no segundo recipiente, fez o mesmo com um pedaço de papel com dobras simulando as microvilosidades, conforme figura 2. Os dados obtidos foram: a quantidade de água absorvida pelo papel liso foi de 8 mL, enquanto pelo papel dobrado foi de 12 mL.

Com base nos dados obtidos, infere-se que a função das microvilotsidades intestinais com relação à absorção de nutrientes pelas células das paredes internas do intestino é a de

A) manter o volume de absorção.
B) aumentar a superfície de absorção.
C) diminuir a velocidade de absorção.
D) aumentar o tempo de absorção.
E) manter a seletividade na absorção.

GABARITO

Fixação

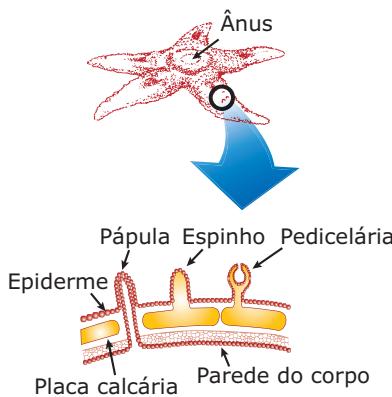
01. C
02. B
03. B
04. D
05. B

Propostos

01. E
02. D
03. A
04. E
05. C
06. B
07. C
08. E
09. B
10. D
11. B
12. E
13. Os órgãos que teriam mais razões para reclamar seriam as glândulas salivares, o intestino e o pâncreas, e não o estômago. Os ingredientes usados no preparo do bolo são ricos em carboidratos e em gorduras. Os carboidratos são digeridos por enzimas produzidas pelas glândulas salivares, pelo pâncreas e pelo intestino. Já as gorduras são digeridas no intestino por enzimas produzidas pelo próprio intestino e pelo pâncreas.
14. A) Proteínas.
    B) Emulsificar as gorduras, facilitando, assim, a ação das lipases.
    C) II (pâncreas).
15. A) Pepsina.
    B) Estômago.

Seção Enem

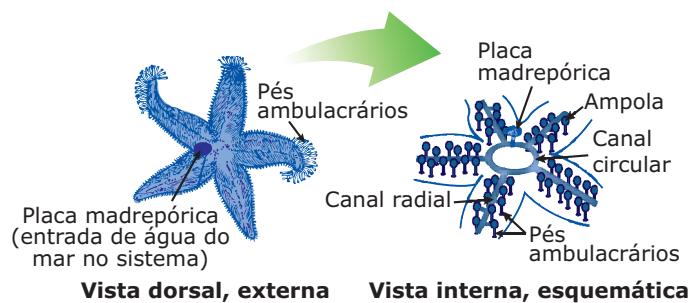
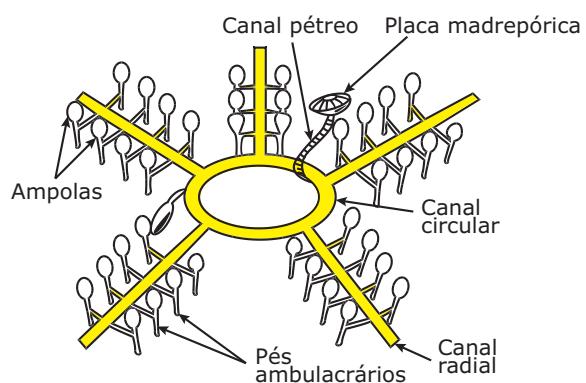
01. D
02. B

BIOLOGIA

Equinodermos e protocordados

MÓDULO 13 FRENTE C

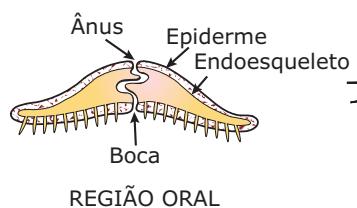
EQUINODERMOS

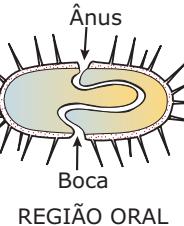
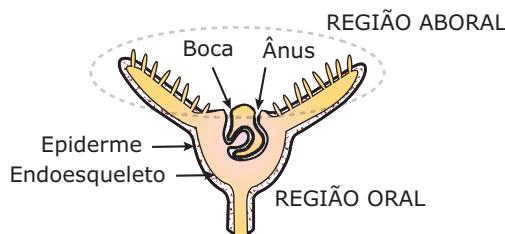
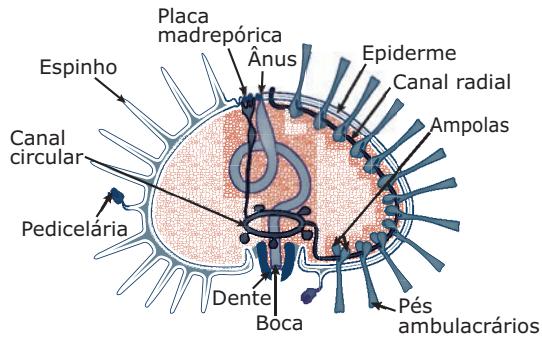
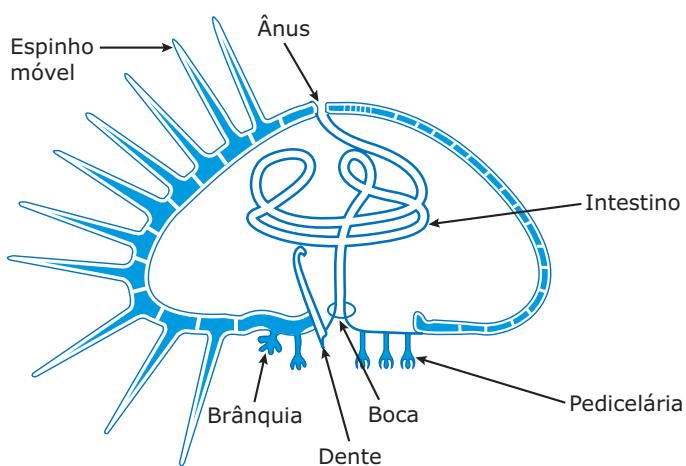
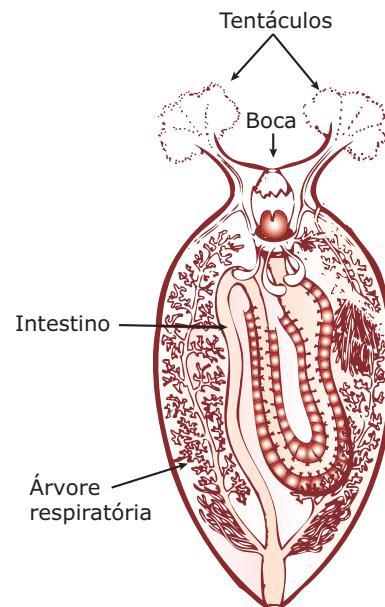
Características gerais

Os equinodermos (do grego *echinos*, espinho; *derma*, pele) são metazoários exclusivamente marinhos, bilatérios (na fase de larva) e radiados (na fase adulta), triblásticos, celomados e deuterostômios. A deuterostomia é uma característica que aproxima evolutivamente os equinodermos dos cordados.

Esses animais possuem um endoesqueleto (esqueleto interno) situado sob a epiderme, de origem mesodérmica (originário do mesoderma), constituído de placas calcárias fixas ou articuladas (móveis), de espinhos e de pedicelárias (pequenas pinças que fazem a limpeza da superfície do corpo).

Estrela-do-mar

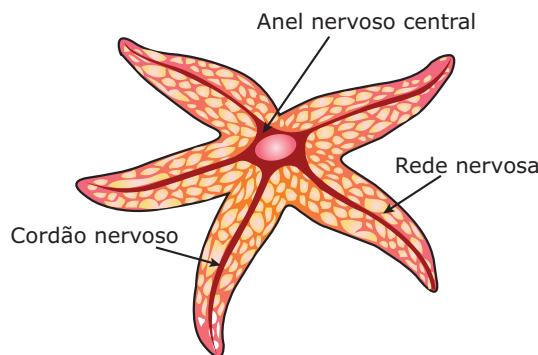
Nos outros invertebrados, o esqueleto, quando presente, é de origem ectodérmica. Ter endoesqueleto mesodermal é mais uma característica que aproxima evolutivamente os equinodermos dos cordados.

Os equinodermos possuem um sistema típico e exclusivo, o sistema ambulacrário (ambulacral) ou hidrovascular, cuja principal função é a locomoção, embora também auxilie na respiração (troca de gases) e na excreção. O sistema ambulacrário é formado por um conjunto de canais, ampolas e pequenos pés (pés ambulacrários), que contêm internamente a própria água do mar.

Sistema ambulacrário em estrela-do-mar

Sistema ambulacrário da estrela-do-mar *– Todos os canais do sistema ambulacrário (canal pétreo, canal circular, canais radiais) fazem parte do esqueleto do animal, sendo, portanto, estruturas rígidas. As ampolas e os pés ambulacrários são estruturas musculares contráteis. A água do mar penetra no sistema ambulacrário através da placa madrepórica ou madreporito, estrutura toda perfurada que está em contato com o meio externo, isto é, com a água do mar. O canal pétreo conecta a placa madrepórica ao canal circular, da qual partem os canais radiais. Dos canais radiais, partem canais menores que se comunicam com as ampolas e com os pés ambulacrários. A água, então, penetra pela placa madrepórica e chega ao canal circular, do qual se distribui pelos canais radiais, atingindo as ampolas e os pés ambulacrários. Ao contrário do que ocorre com as ampolas, que possuem músculos em várias direções, os pés ambulacrários possuem apenas músculos longitudinais. Assim, a contração da ampola empurra a água para o pé ambulacrário, provocando o alongamento deste; o relaxamento da ampola provoca a retração do pé. Desse modo, é feita a locomoção dos equinodermos.*

O sistema digestório dos equinodermos é formado por um tubo digestório completo (com exceção dos ofiuroides ou ofiúros, que não possuem ânus).

Tubo digestório dos equinodermos *– Em alguns, como nas estrelas-do-mar e nos ouriços-do-mar, a boca localiza-se na face inferior (face oral) e o ânus na face superior (face aboral).*

Ouriço-do-mar *– Nos ouriços-do-mar, há um conjunto de cinco dentes ao redor da boca. Esses dentes constituem a chamada lanterna-de-Aristóteles e servem para o animal raspar a superfície de rochas onde crescem algas das quais se alimenta.*

A respiração é feita através de brânquias ou por difusão ao longo de todo o sistema ambulacrário. As estrelas-do-mar possuem pequenas brânquias moles, denominadas pápulas, que se projetam da cavidade do corpo entre os espinhos e as pedicelárias.

Ouriço-do-mar *– Nos ouriços-do-mar, existem brânquias que se estendem para fora da membrana que circunda a boca.*

Pepino-do-mar (Holotúria) *– Nos pepinos-do-mar (holotúrias), existe uma árvore respiratória, que se compõe de brânquias situadas no interior do corpo do animal.*

Nos equinodermos, não há um sistema circulatório típico, mas um conjunto de canais que circundam a boca e que também são encontrados abaixo dos canais do sistema ambulacrário. No interior desses canais, há um líquido incolor com células livres, os amebócitos, que recolhem os catabólitos e os levam até as brânquias dérmicas. Não possuem coração. Esse sistema dos equinodermos é de difícil visualização e denomina-se sistema hemal.

A excreção é feita por difusão ao longo de todo o sistema ambulacrário, principalmente pelos pés ambulacrários. Nas estrelas-do-mar, a excreção também se faz através das pápulas (brânquias). Assim, além da função respiratória (troca de gases), as pápulas também ajudam na excreção.

O sistema nervoso é difuso com cordões nervosos.

Estrela-do-mar *– O sistema nervoso é formado por uma rede nervosa difusa de localização subepidérmica, semelhante à dos celenterados, e por um anel nervoso situado ao redor da região bucal, da qual partem cordões nevosos radiais.*

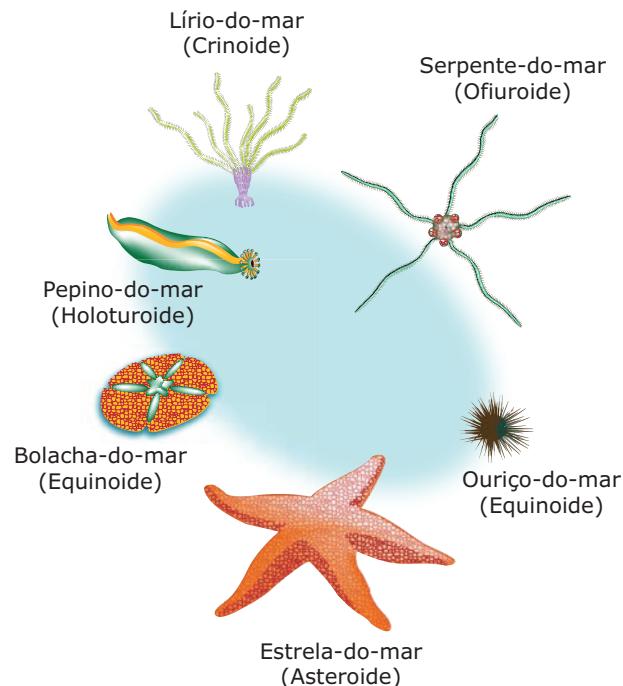
Os equinodermos são de vida livre. Não existem espécies parasitas, e não formam colônias.

São dioicos, sem dimorfismo sexual, de fecundação externa e desenvolvimento indireto. Há vários tipos de larvas ciliadas de simetria bilateral que são encontradas livremente e fazem parte do zooplâncton marinho. Entre as larvas desses animais, destacam-se a *pluteus* ou plúteo (larva de ouriço-do-mar e das serpentes-do-mar) e a bipinária (larva das estrelas-do-mar).

Os equinodermos possuem elevada capacidade de regeneração. Estrelas-do-mar, por exemplo, podem regenerar um ou mais braços perdidos, podendo, inclusive, realizar autotomia (do grego *autos*, por si próprio, e *tomos*, divisão), desfazendo-se de braços quando presos em rochas ou por predadores. Em seguida, por regeneração, a estrela-do-mar produz um novo braço.

As holotúrias (pepinos-do-mar) são capazes de realizar a evisceração (expulsão voluntária das vísceras), um interessante mecanismo de defesa para tentar escapar do ataque de predadores. Quando atacada, a holotúria pode eliminar parte de suas vísceras, como os intestinos e as gônadas. O predador, distraído com o "presente" oferecido, permite a fuga da holotúria. Com o tempo, ocorre a regeneração das partes perdidas.

Classificação

Os equinodermos estão distribuídos em cinco classes principais. São elas:

Asteroidea (asteroides) – Possuem um disco central do qual saem cinco braços (às vezes mais). Exemplo: estrela-do-mar.

Echinoidea (equinoides) – Não possuem braços. Exemplo: ouriço-do-mar.

Ophiuroidea (ofiuroides) – São parecidos com a estrela-do-mar, devido aos braços longos, finos, flexíveis, usados para a locomoção. Exemplo: estrela-serpente, serpente-do-mar ou ofiúro.

Holothuroidea (holoturoides) – Possuem esqueleto reduzido a placas microscópicas. Por isso, seu corpo é mole, o que é compensado com maior capacidade de locomoção. Exemplo: pepino-do-mar ou holotúria. Em alguns países, esses animais são consumidos como alimento.

Crinoidea (crinoides) – Representada pelo lírio-do-mar, que vive preso por ramificações em rochas ou em outros suportes.

Exemplos de equinodermos

Existem algumas semelhanças observadas no desenvolvimento embrionário dos equinodermos e dos cordados que constituem fortes evidências de que esses dois grupos de animais têm um parentesco evolutivo, isto é, tiveram um ancestral comum. Uma dessas evidências é a deuterostomia, ou seja, nesses dois grupos de animais, o blastóporo origina o ânus.

Outra evidência é a origem do celoma. Em todos os invertebrados, com exceção dos equinodermos, o celoma tem origem esquizocélica. Nos equinodermos, assim como nos cordados, o celoma tem origem enterocélica. São, portanto, animais enterocelomados.

Também o esqueleto interno de origem mesodermal é outra característica comum que aproxima evolutivamente esses dois grupos de animais.

CORDADOS

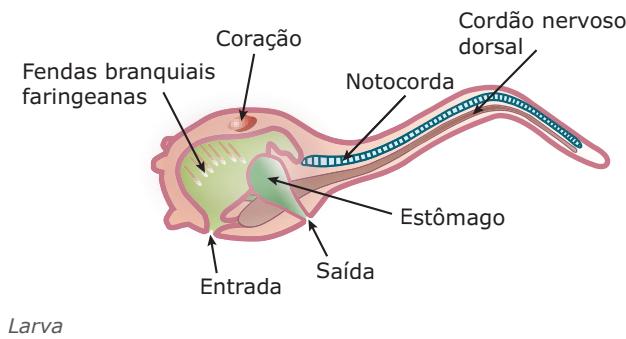
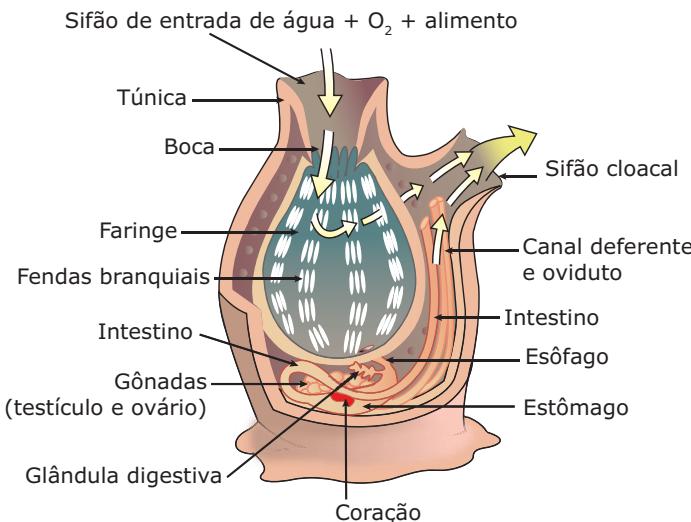
O filo Chordata (cordados) é formado por animais bilatérios, triblásticos, celomados e deuterostômios. Esses animais apresentam três características típicas, encontradas, pelo menos, em estágios do desenvolvimento embrionário, que são: notocorda, fendas branquiais e tubo nervoso dorsal.

- **Notocorda (corda dorsal)** – Estrutura fibrosa que confere sustentação ao corpo do animal. Nos cordados vertebrados, a notocorda é substituída, durante o desenvolvimento embrionário, pela coluna vertebral; em outros, como no anfioxo, a notocorda persiste durante toda a vida do animal.
- **Fendas branquiais** – Pequenos orifícios encontrados na faringe e que servem para a filtração de alimentos ou para a respiração. Em alguns cordados, como nos peixes, as fendas branquiais persistem nos indivíduos adultos; em outros, como na maioria dos anfíbios, répteis, aves e mamíferos, as fendas branquiais estão presentes apenas nos embriões, fechando-se no decorrer do desenvolvimento do animal.
- **Tubo nervoso dorsal** – Estrutura originada de uma invaginação da ectoderme. Nos demais grupos de animais, o sistema nervoso, quando presente, é difuso ou ventral (tubo nervoso localizado ventralmente no corpo do animal). Nos cordados, o tubo nervoso ocupa posição dorsal e dele partem nervos, com fibras que inervam os órgãos internos e a musculatura.

Classificação

O filo Chordata (cordados) é subdividido em três subfilos: subfilo Urochordata ou Tunicata (urocordados ou tunicados), subfilo Cephalochordata (cefalocordados) e subfilo Euchordata ou Vertebrata (eucordados ou vertebrados).

Os urocordados e os cefalocordados são os mais primitivos e, por isso, formam o grupo dos protocordados. Os protocordados são cordados invertebrados e, por não possuírem crânio, também formam o grupo Acraniata.

Os eucordados, ou vertebrados, constituem cerca de 95% de todas as espécies de cordados. São mais evoluídos e formam o grupo Craniata, ou seja, cordados que possuem crânio. Estão subdivididos em agnatos (sem mandíbulas) e gnatostomados (com mandíbulas). Os agnatos atuais estão distribuídos em uma única classe, a classe *Cyclostomata* (ciclostomados, também chamados de peixes sem mandíbulas). Os *gnatostomados* englobam representantes de cinco classes: classe *Chondrichthyes* (condrictes ou peixes cartilaginosos), classe *Osteichthyes* (osteíctes ou peixes ósseos), classe *Amphibia* (anfíbios), classe *Reptilia* (répteis), classe das aves e classe *Mammalia* (mamíferos).

Veja, no quadro a seguir, a classificação dos cordados, adotada pela maioria dos autores.

<table>
<tr><th colspan="3">Filo Chordata (cordados)</th></tr>
<tr><td>Grupo Acraniata ou Acrania (ausência de crânio)</td><td colspan="2">Grupo Craniata (presença de crânio)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Subfilo Urochordata ou Tunicata (urocordados ou tunicados)
Subfilo Cephalochordata (cefalocordados)</td><td colspan="2">Subfilo Euchordata ou Vertebrata (eucordados ou vertebrados)</td></tr>
<tr><td>Agnatos (sem mandíbulas)</td><td>Gnatostomados (com mandíbulas)</td></tr>
<tr><td>Classe Cyclostomata (ciclostomados)</td><td>Classe Chondrichthyes (peixes cartilaginosos)
Classe Osteichthyes (peixes ósseos)
Classe Amphibia (anfíbios)
Classe Reptilia (répteis)
Classe das Aves
Classe Mammalia (mamíferos)</td></tr>
</table>

PROTOCORDADOS

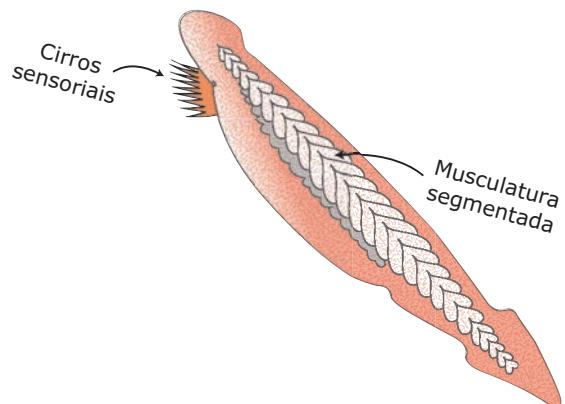
Urocordados (Urochordata) ou Tunicados (Tunicata)

Constituem o maior grupo de protocordados (cerca de 2 000 espécies) e têm como representantes mais característicos as ascídias, também conhecidas por seringas-do-mar.

Larva

Adulto

Ascídia (urocordado) *– Como os demais protocordados, as ascídias são animais exclusivamente marinhos. Na fase larvária, têm dimensões microscópicas e fazem parte do plâncton. Os indivíduos adultos são sésseis (fixos em rochas), têm cerca de 10 cm e podem ser encontrados vivendo isolados ou em colônias. O corpo dos indivíduos adultos é revestido por uma túnica protetora (daí o nome tunicados) formada por tunicina (polissacarídeo semelhante à celulose). Essa túnica apresenta duas aberturas ou sifões: sifão inalante, pelo qual entram a água, os nutrientes e o oxigênio, e sifão exalante, pelo qual sai a água com excretas e, eventualmente, até gametas.*

Os urocordados são animais filtradores. Fazem a água do mar circular através do seu corpo, dela retirando alimento e o gás oxigênio e eliminando excreções e gás carbônico. A água penetra no corpo através do sifão inalante, atravessa as fendas branquiais e cai na cavidade atrial, da qual é eliminada do corpo, através do sifão exalante. Quando a água passa através das fendas branquiais, os organismos microscópicos do plâncton grudam no muco que recobre a superfície das fendas. Os micro-organismos capturados são, então, conduzidos ao estômago pelo batimento de cílios, presentes nas células que revestem a faringe.

Nos urocordados, a notocorda fica restrita à região caudal das larvas (daí o nome urocordados). Durante a metamorfose para a fase adulta, a cauda regride e, com ela, a notocorda. Por essa razão, alguns autores dizem que os urocordados apresentam metamorfose regressiva ao passarem do estágio larval para o estágio adulto.

O sistema digestório desses animais é formado por tubo digestório completo, a respiração é branquial e o sistema circulatório é aberto. O sangue é esverdeado devido à presença de um pigmento respiratório que possui vanádio na molécula.

Embora sejam capazes de se reproduzir assexuadamente por brotamento, as ascídias, que são animais hermafroditas, normalmente se reproduzem por fecundação externa e têm desenvolvimento indireto. As larvas têm cauda desenvolvida.

Cefalocordados (Cephalochordata)

Animais exclusivamente marinhos, de pequeno tamanho (5 ou 6 cm), com notocorda que se estende dorsalmente ao longo de todo o corpo, dando rigidez ao animal. O representante típico é o *Amphioxus* (anfioxo).

Aspecto geral do anfioxo *(do grego* Amphis*, duas, e* oxys*, pontas) – O anfioxo vive semienterrado na areia do fundo do mar, saindo periodicamente para procurar alimento.*

O tubo digestório é completo. A boca é rodeada por tentáculos filiformes que contêm células sensoriais, chamados cirros. Essas células impedem a entrada de partículas muito grandes através da boca. Assim como os urocordados, os cefalocordados também são animais filtradores.

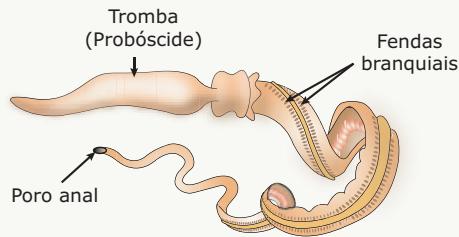
A respiração é branquial, a circulação é aberta e a excreção é feita por protonefrídios (solenócitos) situados na região dorsal da faringe. Os canais desses protonefrídios se abrem no átrio (cavidade ao redor da faringe), que possui um poro (abertura), o atrióporo. Essas células excretoras do anfioxo são muito semelhantes às células-flama dos platelmintos.

O sistema nervoso é constituído de um longo tubo nervoso (tubo neural) dorsal.

São animais dioicos que se reproduzem sexuadamente por fecundação externa.

O anfioxo é um animal de grande importância biológica, especialmente em estudos de embriologia comparada dos cordados.

LEITURA COMPLEMENTAR

Os hemicordados

O nome hemicordado significa "meia-corda", uma vez que uma pequena estrutura localizada na região anterior do corpo foi considerada, inicialmente, por alguns zoólogos, como uma notocorda reduzida. Posteriormente, descobriu-se que essa estrutura não era equivalente à notocorda dos cordados. Mesmo assim, manteve-se a denominação e criou-se para eles um filo independente (filo Hemichordata).

Os hemicordados são animais de vida livre, exclusivamente marinhos, que vivem na zona das marés, no interior de galerias escavadas na areia. O tamanho pode variar de alguns centímetros a 1 metro. As espécies do gênero *Balanoglossus* são as mais representativas do grupo.

Esses animais possuem tubo digestório completo, fazem respiração branquial, a circulação é aberta e a excreção é feita por uma glândula especial localizada na probóscide.

O sistema nervoso é formado por dois nervos longitudinais: um dorsal e outro ventral, ligados por um nervo circular, na região anterior do corpo.

São animais dioicos que fazem fecundação externa. O desenvolvimento é indireto, com uma larva ciliada, a tornária, que é semelhante às larvas de alguns equinodermos.

Balanoglosso (língua dilatada) *– Possuem corpo alongado, vermiforme, com duas partes distintas: uma probóscide ou tromba e um tronco alongado. A probóscide é utilizada na perfuração de galerias na areia das praias. A base da tromba apresenta um colarinho e, sob este, fica a boca do animal. No tronco, existem as seguintes regiões: branquial (com brânquias), genital (com gônadas), hepática e terminal (com intestino e ânus).*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) Qual das afirmações é **INCORRETA** em relação aos equinodermos?
São animais

A) que apresentam esqueleto interno situado sob a epiderme.
B) protostômios.
C) deuterostômios.
D) triblásticos, celomados.
E) sem dimorfismo sexual.

02. (PUC Minas) Os equinodermos, à primeira vista, estão mais relacionados com os invertebrados inferiores. No entanto, estão, evolutivamente, relacionados aos cordados porque

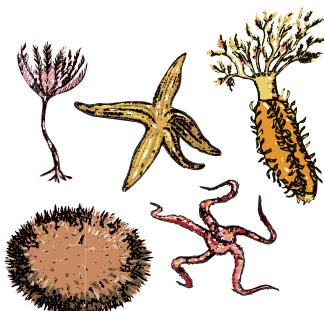
A) são deuterostômios.
B) são diblásticos celomados.
C) a epiderme é monoestratificada.
D) o sistema digestório é completo.
E) possuem sistema ambulacral.

03. (FESP-PR) Equinodermos são animais

A) protostômios, acelomados e de simetria radial.
B) acelomados, protostômios e de simetria bilateral na fase larval.
C) celomados, deuterostômios e de simetria radial.
D) celomados, protostômios e de simetria radial na fase adulta.
E) deuterostômios, acelomados e de simetria radial.

04. (ACAFE-SC) São representantes do filo Echinodermata:

A) Crinoides, ouriço-do-mar, corais.
B) Corais, holotúrias, crinoides.
C) Euglena, ouriço-do-mar, crinoides.
D) Ouriço-do-mar, ofiúros, holotúrias.
E) Ostras, ofiúros, crinoides.

05. (FUVEST-SP) No desenvolvimento dos cordados, três caracteres gerais salientam-se, distinguindo-os de outros animais. Assinale a alternativa que inclui esses três caracteres.

A) Notocorda, três folhetos germinativos, tubo nervoso dorsal.
B) Corpo segmentado, tubo digestório completo, sistema nervoso dorsal.
C) Simetria bilateral, corpo segmentado, notocorda.
D) Simetria bilateral, três folhetos germinativos, notocorda.
E) Tubo nervoso dorsal, notocorda, fendas branquiais na faringe.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (OSEC-SP) Assinale a alternativa que aponta o **ERRO** cometido na caracterização do filo Echinodermata: "São animais exclusivamente marinhos, de organização pentarradiada, com larvas de simetria bilateral, esqueleto calcário externo, triblásticos e deuterostômios".

A) Animais exclusivamente marinhos
B) Larvas de simetria bilateral
C) Esqueleto calcário externo
D) Triblásticos
E) Deuterostômios

02. (UFMG)

Em relação a esses animais, todas as alternativas estão corretas, **EXCETO**

A) Pertencem a um mesmo filo.

B) Possuem hábitat marinho.

C) Possuem representantes parasitas.

D) Relacionam-se evolutivamente aos cordados.

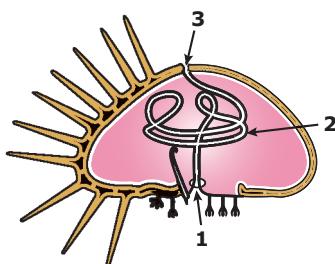
E) Apresentam endoesqueleto.

03. (UEL-PR) Considere as seguintes características reprodutivas:

I. Sexos separados.

II. Dimorfismo sexual.

III. Fecundação externa.

IV. Desenvolvimento indireto.

Nos equinodermos, ocorrem, geralmente, apenas

A) I e II.

B) II e III.

C) I, II e IV.

D) I, III e IV.

E) II, III e IV.

04. (PUCPR) Com o nome lanterna-de-Aristóteles, conhece-se o órgão animal que ocorre

A) no olho de certos peixes que habitam o fundo dos oceanos.

B) no sistema ovipositor de certos crustáceos.

C) no sistema sensorial dos rotíferos.

D) nas antenas dos aracnídeos.

E) no sistema digestório de equinodermos, mais propriamente no ouriço-do-mar.

05. (Cesesp-PE) O esquema a seguir, representando a estrutura interna de um equinodermo, diz respeito a

A) um ouriço-do-mar, sendo os números 1, 2 e 3: a boca, o intestino e o ânus, respectivamente.

B) uma estrela-do-mar, sendo os números 1, 2 e 3: o ânus, o intestino e a boca, respectivamente.

C) um ouriço-do-mar, sendo os números 1, 2 e 3: o ânus, o intestino e a boca, respectivamente.

D) uma estrela-do-mar, sendo os números 1, 2 e 3: a boca, o intestino e o ânus, respectivamente.

E) um pepino-do-mar, sendo os números 1, 2 e 3: a boca, o intestino e o ânus, respectivamente.

06. (UnB-DF) O anfioxo constitui-se em um precioso elo para o estudo da evolução. Ele é um animal que apresenta todas as características a seguir, **EXCETO**

A) Pertence ao filo Chordata.

B) É mais evoluído do que os peixes.

C) É encontrado apenas em ambientes marinhos.

D) Apresenta respiração branquial.

07. (VUNESP) É **CORRETO** afirmar que são possuidores de notocorda

A) artrópodos e peixes.

B) anfíbios e anelídeos.

C) aves e crustáceos.

D) ciclóstomos e anfioxos.

E) mamíferos e artrópodos.

08. (UFV-MG) Das alternativas a seguir, que característica **NÃO** é própria dos cordados?

A) Notocorda

B) Fendas branquiais

C) Tubo nervoso ventral

D) Presença de boca e ânus

E) Simetria bilateral

09. (Cesgranrio) Qualquer grupo animal apresenta caracteres que lhe são peculiares, junto a outros que são comuns a vários grupos. Esses caracteres peculiares, que são geralmente utilizados na sua caracterização taxonômica, estão presentes no embrião e podem persistir, alterar-se ou desaparecer no adulto. Com referência aos cordados, além do notocórdio, quais dos caracteres relacionados lhes são peculiares e os distinguem de outros grupos animais?

A) Simetria bilateral e três folhetos embrionários.

B) Corpo segmentado e trato digestivo completo.

C) Celoma bem desenvolvido e sistema excretor.

D) Fendas branquiais na faringe e tubo nervoso dorsal único.

E) Respiração pulmonar e sistema circulatório incluindo um coração.

10. (Mackenzie-SP) Uma característica presente nos cordados que os distingue dos não cordados é

A) sistema nervoso dorsal.

B) metameria.

C) deuterostomia.

D) celoma.

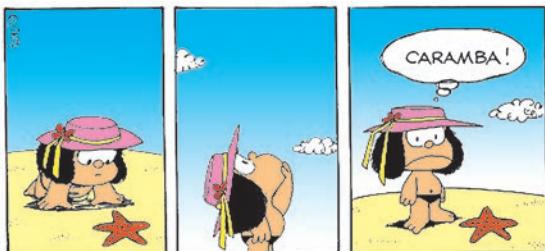
E) triploblastia.

11. (UFRN) A notocorda é um cordão de tecido conjuntivo que representa a primeira estrutura de sustentação do corpo de um cordado, podendo persistir, alterar-se ou desaparecer nos adultos.

Pode-se afirmar que a notocorda, nos vertebrados,

A) encontra-se apenas na fase adulta.
B) é substituída pelo progressivo aparecimento da coluna vertebral.
C) existe concomitantemente com a coluna vertebral.
D) persiste por toda a vida.
E) está presente nos embriões de alguns grupos.

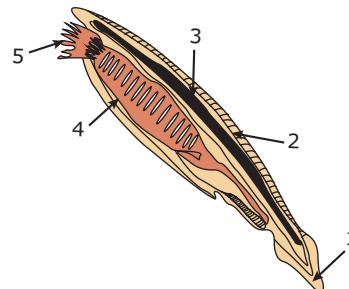
12. (UFV-MG) O filo Chordata agrupa exemplos de organismos bastante diversificados. Entretanto, seus representantes apresentam algumas características morfológicas em comum, pelo menos em alguma fase do desenvolvimento. Das características a seguir, aquela que **NÃO** é comum a todos os Chordata é

A) fendas branquiais.
B) tubo nervoso dorsal.
C) notocorda.
D) respiração pulmonar.
E) celoma.

13. (UEL-PR–2010) Os zoólogos consideram o Chordata como um grupo filogeneticamente mais próximo de Echinodermata do que de Arthropoda.

Assinale a alternativa que contém uma característica comum aos grupos Chordata e Echinodermata que não ocorre no grupo Arthropoda.

A) Três folhetos germinativos.
B) Simetria bilateral no estágio adulto.
C) Formação da boca na extremidade oposta ao blastóporo.
D) Tubo digestório completo.
E) Celoma.

SEÇÃO ENEM

01. Observe a tira a seguir:

QUINO. *Toda Mafalda*. São Paulo: Martins Fontes, 2001. p. 67 (Adaptação).

O invertebrado observado por Mafalda pertence ao filo que, evolutivamente, é o mais próximo dos cordados. Assim como nos cordados, no referido filo encontramos a seguinte característica:

A) Exoesqueleto.
B) Tubo nervoso dorsal.
C) Formação da notocorda durante o desenvolvimento embrionário.
D) Deuterostomia.
E) Simetria radial.

02.

A figura representa o anfioxo adulto, animal marinho de aproximadamente 6 cm de comprimento, pertencente a um grupo de cordados primitivos. Trata-se de um organismo que desperta grande interesse nos cientistas, por estar no meio da transição evolutiva entre invertebrados e vertebrados.

A notocorda ou corda dorsal é um bastão flexível de material gelatinoso que serve como suporte no embrião de todos os cordados e nos adultos cefalocordados como o anfioxo. Na figura acima, tal estrutura está indicada pelo número

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

GABARITO

Fixação

01. B 02. A 03. C 04. D 05. E

Propostos

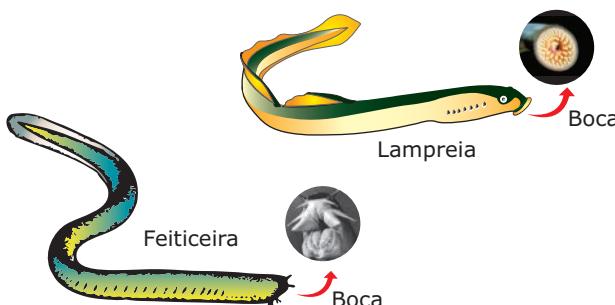
01. C
02. C
03. D
04. E
05. A
06. B
07. D
08. C
09. D
10. A
11. B
12. D
13. C

Seção Enem

01. D 02. C

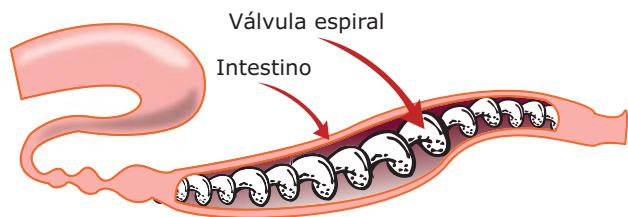
BIOLOGIA

MÓDULO **14** FRENTE **C**

Vertebrados: peixes

O estudo particular desse grupo de animais é feito por um ramo da zoologia denominado ictiologia (do grego *ichthyos*, peixe; *logos*, estudo).

São animais aquáticos, de corpo geralmente alongado ou fusiforme, dotados de esqueleto interno, brânquias e nadadeiras. Alguns são agnatos (sem mandíbulas), mas a maioria é gnatostomada (com mandíbulas).

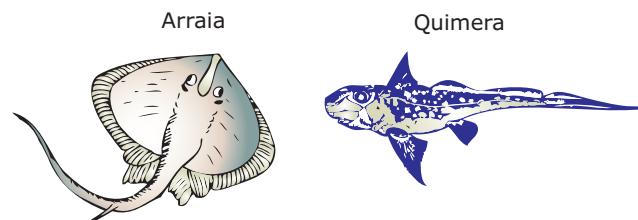
Os peixes constituem o maior grupo de vertebrados (mais de 20 mil espécies) e podem ser distribuídos em três classes: ciclostomados, condrictes e osteíctes.

CICLOSTOMADOS

Os ciclostomados ou ciclóstomos (do grego *kyklos*, círculo; *stoma*, boca) são peixes agnatos (sem mandíbulas), cujos representantes mais típicos são as lampreias e as feiticeiras ("peixe-bruxa"), espécies de ocorrência restrita ao Hemisfério Norte, não havendo espécies de ciclóstomos no Brasil.

Ciclostomados *– As lampreias são parasitas hematófagos de peixes. Fixam-se às suas vítimas por meio de ventosas e raspam-lhes a pele com os dentes e a língua e, então, sugam-lhes os tecidos juntamente com o sangue, levando-os à morte. As feiticeiras ou mixines geralmente são necrófagas, embora também possam atacar peixes, penetrando em seu interior através das brânquias e sugando suas partes moles.*

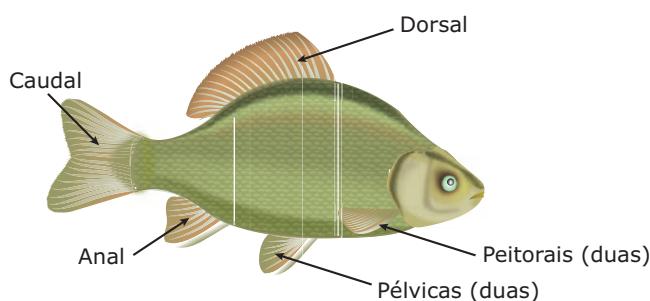
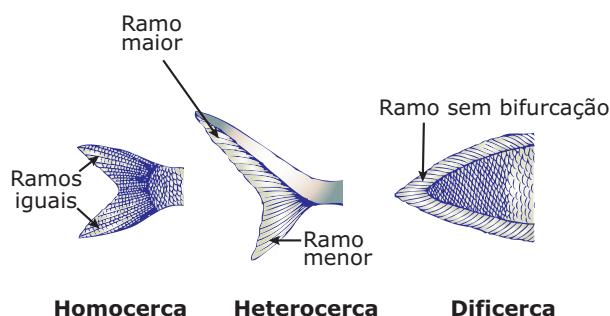
Os ciclóstomos são animais aquáticos (dulcícolas e marinhos) de corpo alongado que podem atingir 1 metro de comprimento e possuem esqueleto apenas cartilaginoso. Neles, a notocorda persiste, no adulto, entre as vértebras cartilaginosas que a protegem.

O tubo digestório é completo. Há um fígado, e o intestino possui uma válvula espiral (prega espiral), destinada a aumentar a superfície de absorção de nutrientes.

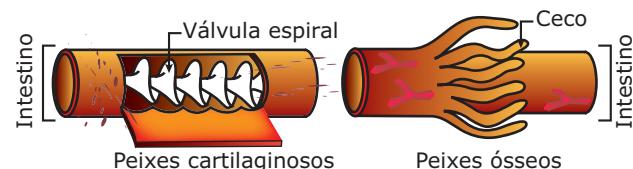
Válvula espiral

A respiração é branquial, a circulação é fechada e a excreção é feita por meio de rins pronéfrons ou rins mesonéfrons.

As espécies podem ser monoicas (feiticeiras) ou dioicas (lampreias). A reprodução é sexuada, por fecundação externa, e o desenvolvimento pode ser direto (feiticeira) ou indireto (lampreias), com larvas chamadas amocete, muito semelhantes ao anfioxo.

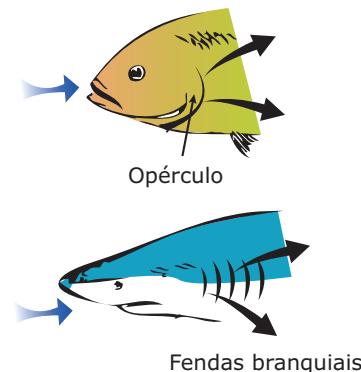
CONDRICTES E OSTEÍCTES

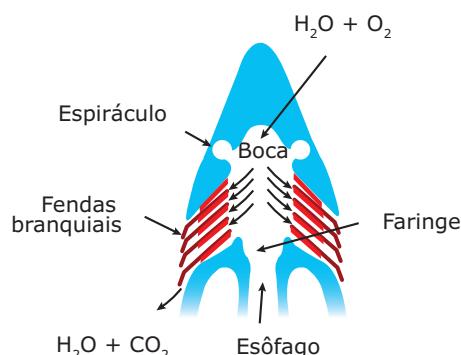
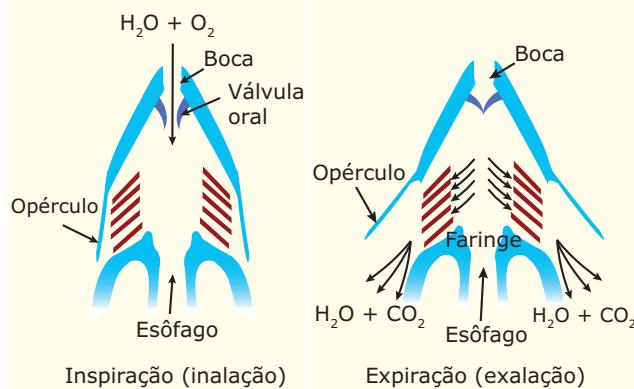
Os condrictes (peixes cartilaginosos) e os osteíctes (peixes ósseos) são peixes mandibulados (gnastotomados).

O esqueleto desses peixes pode ser totalmente cartilaginoso (condrictes ou peixes cartilaginosos) ou ósseo (osteíctes ou peixes ósseos), mas com algumas partes de cartilagem. Entre os peixes cartilaginosos, destacam-se os tubarões, as arraias e as quimeras.

Peixes cartilaginosos *– Nesses peixes, inclusive o crânio e as vértebras são cartilaginosos. Entre as vértebras que formam a coluna, é possível encontrar restos da notocorda.*

Os peixes ósseos constituem o grupo mais numeroso de peixes (cerca de 20 mil espécies) e, neles, restos da notocorda também persistem entre as vértebras.

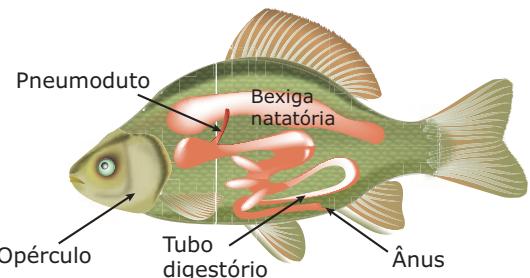
As nadadeiras são formações laminares, com vários raios internos de sustentação recobertos pela pele. Além da locomoção, as nadadeiras, dependendo da espécie de peixe, podem desempenhar outras funções, como a de proteção (ferrão venenoso, das arraias), a de impulsão no ar ("peixe-voador"), a de estabilização e até a de cópula.

Tipos de nadadeiras *– Em função da posição de implantação no corpo, as nadadeiras são classificadas em ímpares e pares.*

Nadadeira caudal *– A nadadeira caudal pode ser homocerca (com ramos iguais), heterocerca (com ramo dorsal mais desenvolvido) e dificerca (sem bifurcação). Os peixes cartilaginosos (condrictes), em geral, possuem nadadeira caudal heterocerca. Nos peixes ósseos, a nadadeira caudal, em geral, é homocerca, existindo espécies, como os peixes dipnoicos, que possuem nadadeira caudal dificerca.*

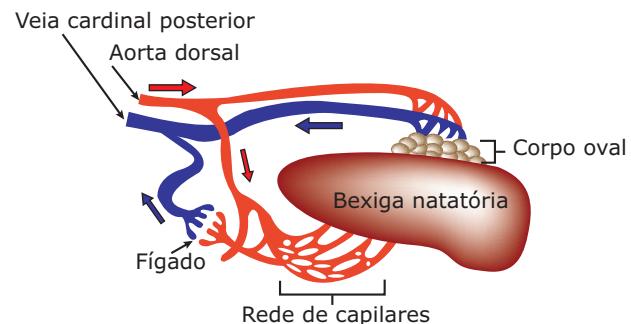
A pele dos peixes é constituída de duas camadas, epiderme e derme, e apresenta glândulas mucosas que lubrificam a superfície do corpo e reduzem o atrito com a água durante a natação. O corpo dos peixes é recoberto por estruturas anexas denominadas escamas. Nos cartilaginosos, as escamas são do tipo placoide, de origem dermoepidérmica, homólogas aos dentes dos demais vertebrados, o que confere à pele desses animais textura de lixa. Nos peixes ósseos, a pele apresenta escamas achatadas, dos tipos cicloide e ctenoide, de origem dérmica.

Os peixes, como os demais vertebrados, possuem sistema digestório constituído de um tubo digestório completo e glândulas anexas (fígado e pâncreas). Não existem glândulas salivares. A boca ocupa posição ventral nos cartilaginosos, enquanto, nos ósseos, é anterior. A língua é pouco desenvolvida e os dentes são todos morfologicamente semelhantes uns aos outros, variando apenas no tamanho, isto é, os peixes são animais homodontes (possuem homodontia, dentes semelhantes). São também animais polifiodontes (formam várias dentições, isto é, caem uns dentes, nascem outros). O intestino é curto e apresenta a mesma espessura em toda a sua extensão. Nos condrictes, o intestino possui uma válvula espiral, enquanto, nos osteíctes, apresenta cecos pilóricos. Essas duas estruturas têm a mesma finalidade: aumentar a superfície de absorção dos nutrientes.

Válvula espiral e cecos pilóricos

Nos peixes cartilaginosos, o intestino abre-se numa cloaca, enquanto, nos ósseos, termina no ânus.

Os peixes fazem respiração branquial. As brânquias são internas e se comunicam com a superfície externa do corpo por meio das fendas branquiais.

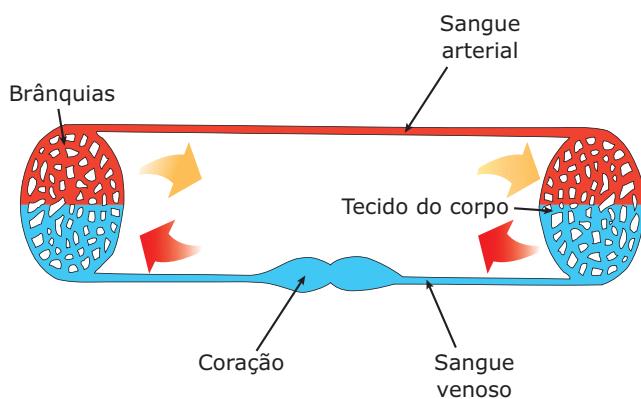
Brânquias *– Nos peixes cartilaginosos, existem cinco pares de fendas branquiais descobertas, enquanto, nos peixes ósseos, existem quatro pares de fendas branquiais cobertas pelos opérculos.*

Nos peixes, a água entra pela boca, passa à faringe, banha as brânquias e sai pelas fendas branquiais. Os peixes cartilaginosos possuem espiráculos, situados antes da primeira fenda branquial, que também permitem a entrada da água que banha as brânquias. Os peixes ósseos não possuem espiráculo.

Mecanismo respiratório dos peixes *– Nos peixes cartilaginosos, a água entra pela boca e também pelos espiráculos, passa pelas brânquias, saindo através das fendas branquiais. Nos peixes ósseos, a água entra pela boca, quando a válvula oral está aberta e os opérculos fechados. Como consequência da contração da cavidade bucal, a válvula oral se fecha e a água é empurrada através das brânquias, saindo para o exterior pela abertura do opérculo.*

Os peixes dipnoicos (também chamados de "peixes pulmonados") são peixes ósseos que, além da respiração branquial, também são capazes de realizar troca de gases na bexiga natatória, que funciona, então, como um pulmão.

A bexiga natatória é uma estrutura presente na maioria dos peixes ósseos. Trata-se de uma bolsa contendo gases (O_2, CO_2 e N_2), cujas paredes são vascularizadas. Em alguns peixes, a bexiga natatória permanece ligada à faringe por um canal, o duto pneumático ou pneumoduto; outros não possuem mais o duto pneumático e, portanto, não há ligação anatômica entre a bexiga natatória e a faringe. Os que possuem o duto pneumático são denominados fisóstomos (*fiso*, bexiga; *stoma*, boca). Os que não possuem esse duto são denominados fisóclistos (*clisto*, fechado).

Bexiga natatória *– Peixe fisóstomo.*

A bexiga natatória tem função hidrostática, uma vez que promove o ajustamento do peso específico do animal em relação ao da água. Os fisóstomos engolem o ar na superfície para encher a bexiga natatória e soltam-no pela boca para esvaziá-la. Alguns fisóstomos podem usar a bexiga natatória como órgão auxiliar na respiração, sendo que, então, esse orgão atua como pulmão.

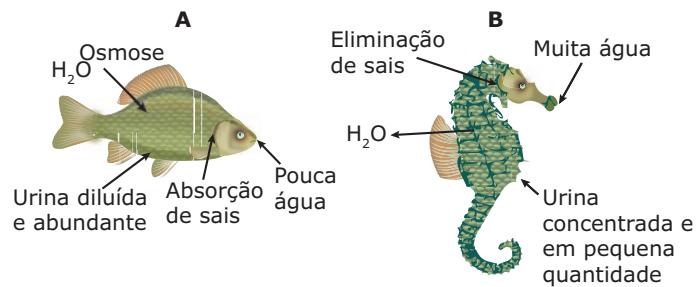
Os peixes fisóclistos e também os fisóstomos possuem, na parede da bexiga natatória, uma estrutura denominada glândula de gás. Essa glândula retira gases do sangue (principalmente O_2), lançando-os no interior da bexiga natatória e aumentando, assim, a pressão interna. Nos fisóstomos, a diminuição da pressão do gás na bexiga natatória é feita pelo duto pneumático. Já nos fisóclistos, isso ocorre por meio de uma estrutura denominada oval, pela qual os gases da bexiga difundem-se para o sangue. Quando o peixe está nas águas mais superficiais e vai descer, os gases difundem-se para o interior dos vasos e, assim, o volume da bexiga natatória diminui, a densidade do animal aumenta e ele afunda. Quando está em águas mais profundas e vai subir, os gases difundem-se dos vasos para o interior da bexiga natatória que, então, aumenta de volume, diminuindo a densidade do animal e fazendo-o subir. Em outras palavras, para encher a bexiga, a glândula mobiliza gases do sangue; para esvaziá-la, os gases são eliminados para o sangue.

Bexiga natatória e estruturas anexas.

A presença de uma vesícula cheia de gases em um peixe permite-lhe reduzir a densidade de seu corpo até um determinado nível, fazendo-o permanecer imóvel e flutuar.

Nos peixes dipnoicos, a bexiga natatória também funciona como um "pulmão primitivo", realizando troca de gases. Um bom exemplo desses peixes é a piramboia, encontrada na Amazônia. Esses animais vivem em ambientes estagnados com baixa concentração de oxigênio e, por isso, dirigem-se periodicamente para a superfície para respirar, utilizando a bexiga como pulmão.

Há alguns anos, acreditava-se que, pelo fato de os condrictes não possuírem bexiga natatória, eles necessitavam nadar ativamente para manterem-se na coluna de água sem afundar. Na realidade, esses peixes conseguem manter baixa sua densidade devido aos altos teores de óleo no fígado. Desse modo, eles controlam sua flutuabilidade, não precisando nadar o tempo todo para não afundar.

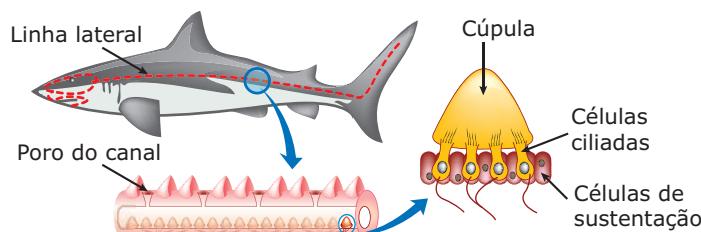
A circulação nos peixes é fechada, simples e completa. O coração dos peixes é bicavitário (uma aurícula e um ventrículo) e, por ele, só passa sangue venoso.

Circulação em peixes *– Através de veias, o sangue venoso, proveniente dos tecidos, chega ao coração, desembocando no átrio (aurícula) e passando, em seguida, ao ventrículo. Do ventrículo, o sangue venoso sai pela artéria aorta ventral, sendo levado às brânquias, nas quais, então, ocorre a hematose, isto é, o sangue passa de venoso a arterial. Das brânquias, o sangue, agora arterial, é levado aos tecidos, nos quais deixa o* O_2 *para as células e recebe delas o* CO_2*. Assim, no nível dos tecidos, o sangue passa de arterial a venoso e este, então, retorna ao coração, desembocando no átrio.*

A excreção se faz através de rins mesonéfrons. Os peixes cartilaginosos são ureotélicos, enquanto os ósseos são amoniotélicos. Além da eliminação de catabólitos, o sistema excretor também tem importante papel no mecanismo da osmorregulação ou equilíbrio hidrossalino.

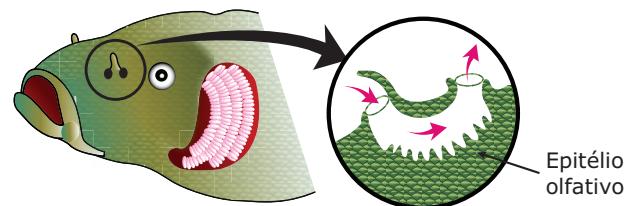
A osmorregulação consiste na manutenção de taxas normais de água e sais no meio interno do organismo. Através de mecanismos de homeostase (equilíbrio), o organismo procura manter constante a composição dos seus líquidos orgânicos (sangue, linfa, líquidos intercelulares). Esses líquidos do corpo devem ficar num estado de constante equilíbrio osmótico com as células e os tecidos. Qualquer desvio na concentração de solutos, nesses líquidos, pode provocar passagens consideráveis de água do meio intracelular para o extracelular ou vice-versa. Para que não ocorram alterações do equilíbrio osmótico, os organismos utilizam os mais diversos expedientes para controlar a concentração de água nos seus líquidos biológicos.

Nos peixes, ocorrem diferentes estratégias para a osmorregulação.

Os peixes ósseos marinhos são hipotônicos em relação à água do mar. Por isso, estão sempre "perdendo" água por osmose para o meio externo. Para não sofrerem desidratação (o que seria estranho num animal que vive no meio aquático), eles bebem muita água do mar e absorvem essa água no intestino. Também produzem uma urina pouco diluída (muito concentrada), ou seja, a perda de água através da urina é pequena. Para que a ingestão contínua de água salgada não aumente a salinidade dos líquidos corpóreos, as brânquias promovem uma eliminação, por transporte ativo, do excesso de sais. Assim, as brânquias desses peixes, além da função respiratória (troca de gases), possuem uma função excretora e osmorreguladora.

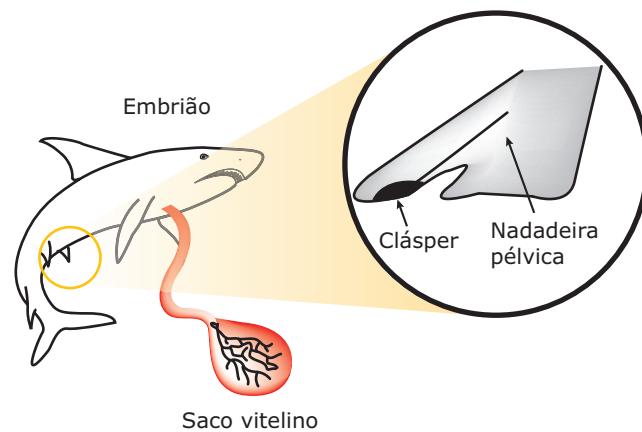
Os peixes ósseos dulcícolas são hipertônicos em relação à água do meio ambiente e, por isso, há uma entrada de água no organismo por osmose. A fim de evitar uma turgência excessiva, esses peixes eliminam grandes quantidades de urina bastante diluída, mas, juntamente com a urina, o animal perde uma certa quantidade de sais. Como esses peixes praticamente não bebem água e, assim, a ingestão de sais é pequena, as brânquias, então, por transporte ativo, absorvem os sais dissolvidos na água do ambiente. Desse modo, esses peixes mantêm o equilíbrio hidrossalino entre o seu sangue e suas células.

Osmorregulação em peixes ósseos *–* ***A.*** *peixe dulcícola;* ***B.*** *peixe marinho.*

Os peixes cartilaginosos são, em sua maioria, marinhos. O balanceamento hídrico nesses peixes é feito por meio de um grande acúmulo de ureia no sangue. Isso seria intolerável para outros animais, mas, para peixes cartilaginosos, como o tubarão, não causa danos ao seu organismo. Dessa forma, a concentração do sangue aproxima-se da concentração da água do mar, e eles permanecem, então, praticamente isotônicos em relação ao meio em que vivem. Esse processo é chamado de uremia fisiológica.

Muitos peixes conseguem se adaptar às grandes variações de salinidade da água e, por isso, são chamados de eurialinos. O salmão, a truta e o robalo, por exemplo, passam do mar para os rios, procurando as nascentes para a desova. Já a enguia faz o contrário, isto é, sai dos rios para desovar no mar. Os organismos de tais peixes demonstram grande facilidade de inverter o processo de transporte ativo dos sais através das brânquias, conforme a circunstância do momento. A maioria dos peixes, entretanto, não têm a mesma facilidade, ou seja, morrem quando mudam do mar para o rio ou vice-versa. Nesse caso, são considerados seres estenoalinos.

O sistema nervoso dos peixes é do tipo cerebroespinhal e está subdividido em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). Nos peixes, a superfície externa do cérebro, conhecida por córtex cerebral, é lisa e, por isso, esses animais são denominados lisencéfalos.

O sistema sensorial dos peixes é constituído de olhos desenvolvidos, ouvido interno, epitélio olfativo e linhas laterais.

Linha lateral *– As linhas laterais, uma de cada lado do corpo, são estruturas sensoriais capazes de captar vibrações da água.*

Os peixes estão entre os vertebrados que possuem olfato mais desenvolvido. Neles, as cavidades nasais são recurvadas, e os dois poros de cada uma abrem-se apenas para o exterior, permitindo a livre circulação da água. Tubarões e piranhas, por exemplo, percebem, pelo olfato, mínimos traços de sangue na água, enquanto os salmões, ao migrarem rio acima para a desova, voltam diretamente para os locais onde nasceram, orientados pelos "odores" dessas regiões, que foram "memorizados".

Detalhe das narinas em corte, mostrando a circulação da água.

Nos peixes cartilaginosos, existem também as ampolas de Lorenzini, que são eletrorreceptores (conseguem detectar a presença das presas, que mostram pequenas variações de campos elétricos ao redor de seus corpos).

Quanto ao sexo, os peixes são animais dioicos que, dependendo da espécie, podem fazer fecundação interna ou externa.

Nos peixes cartilaginosos, a fecundação é interna. Os machos apresentam a nadadeira pélvica modificada em órgão copulador, chamado clásper, usado para abrir a cloaca da fêmea e nela introduzir os espermatozoides. Há espécies ovíparas (botam ovos que se desenvolvem fora do corpo da fêmea) e espécies ovovivíparas (os embriões desenvolvem-se dentro do corpo da fêmea, alimentando-se das reservas armazenadas nos ovos). Poucas espécies de tubarões são vivíparas, isto é, os embriões desenvolvem-se no interior do corpo da fêmea, alimentando-se de substâncias que retiram do sangue materno. O desenvolvimento é direto. Durante o desenvolvimento embrionário, o único anexo embrionário que se forma é o saco ou vesícula vitelina.

Localização do clásper

Nos peixes ósseos, a fecundação é geralmente externa. Alguns têm fecundação interna e, nesse caso, a nadadeira anal tem função copuladora. Podem ser ovulíparos, ovíparos, ovovivíparos e vivíparos. O desenvolvimento pode ser direto ou indireto (com larvas denominadas alevinos).

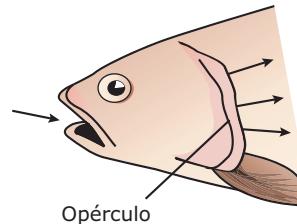
De um modo geral, podemos diferenciar os peixes cartilaginosos dos peixes ósseos através das seguintes características:

Características	Classes	
	Chondrichthyes (peixes cartilaginosos)	**Osteichthyes (peixes ósseos)**
Esqueleto	Cartilaginoso	Ósseo (predominante)
Boca	Ventral	Anterior
Nadadeira caudal	Heterocerca	Homocerca (às vezes dificerca)
Escamas	Placoides, de origem dermoepidérmica	Cicloides ou ctenoides de origem dérmica
Fendas branquiais	5 pares, descobertas (sem opérculos)	4 pares, protegidas (com opérculos)
Espiráculos	Presente	Ausente
Válvula espiral no intestino	Presente	Ausente
Cloaca	Presente	Ausente
Hábitat	Marinhos (maioria)	Marinhos e dulcícolas
Fecundação	Interna	Externa (maioria) e interna
Desenvolvimento	Direto (sem larvas)	Direto ou indireto (com larvas denominadas alevinos)
Bexiga natatória	Ausente	Presente

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Observe a figura:

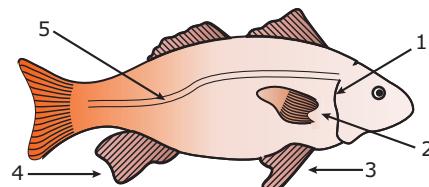
Esse animal pertence a uma classe taxonômica que apresenta todas as seguintes características, **EXCETO**

A) circulação simples e completa.
B) presença de âmnio.
C) presença de linha lateral.
D) respiração branquial.
E) sistema nervoso dorsal.

02. (PUC Minas) As nadadeiras dos peixes podem apresentar funções variadas, de acordo com adaptações ocorridas ao longo dos tempos. Podem ser usadas para, **EXCETO**

A) nadar.
B) copular.
C) flutuar.
D) locomover.
E) respirar.

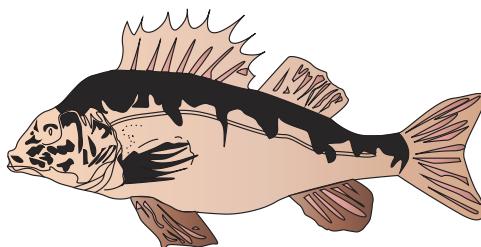
03. (UFRN) Na maioria dos peixes ósseos, o órgão responsável pela manutenção do equilíbrio hidrostático com o meio é denominado

A) bexiga natatória.
B) nadadeira caudal.
C) clásper.
D) brânquias.
E) linha lateral.

04. (Unifor-CE) Observe a figura a seguir:

"A água que entra pela boca do peixe é rica em (I), passa pelas (II) e sai pelo opérculo com mais (III)".

Para completar **CORRETAMENTE** essa frase, basta substituir I, II e III, respectivamente, por

A) oxigênio, brânquias e dióxido de carbono.
B) oxigênio, brânquias e monóxido de carbono.
C) dióxido de carbono, brânquias e oxigênio.
D) oxigênio, papilas gustativas e monóxido de carbono.
E) monóxido de carbono, papilas gustativas e dióxido de carbono.

05. (UFSCar-SP) Assinale a alternativa que associa **CORRETAMENTE** os números às estruturas por eles indicadas no esquema a seguir.

A) 1 – opérculo; 4 – nadadeira caudal.
B) 4 – nadadeira anal; 5 – linha lateral.
C) 5 – linha lateral; 2 – nadadeira pélvica.
D) 3 – nadadeira pélvica; 2 – nadadeira dorsal.
E) 4 – nadadeira pélvica; 1 – linha lateral.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRGS) Os peixes ósseos de água doce são hipertônicos em relação à concentração salina do meio, estando continuamente sujeitos à entrada de água através das superfícies permeáveis do corpo. Assim, é **CORRETO** afirmar que esses animais

A) retêm altas concentrações de excretas.

B) excretam urina abundante e diluída.

C) só podem ingerir alimentos pobres em sal.

D) eliminam água por transporte ativo nas superfícies permeáveis.

E) secretam gordura para impermeabilizar o corpo.

02. (PUC Minas) Observando o exemplar a seguir, é correto afirmar que apresenta, **EXCETO**

A) linha lateral sensorial.

B) opérculo.

C) escamas dérmicas.

D) espiráculos.

E) bexiga natatória.

03. (UFF-RJ) No aparelho excretor dos peixes, os rins são do tipo

A) mesonéfrico.

B) metanéfrico.

C) pronéfrico.

D) perinéfrico.

E) merimetanéfrico.

04. (Cesgranrio) Os tubarões acumulam ureia no sangue, como artifício de sobrevivência ao meio marinho, porque

A) a água do mar é hipotônica em relação ao seu meio interno, o que favorece a desidratação.

B) os vacúolos pulsáteis das células branquiais não são eficientes na expulsão do excesso de água absorvida.

C) tornando-se isotônicos em relação ao mar, a osmorregulação é controlada.

D) o sangue elimina os sais absorvidos pelo intestino por osmose.

E) há excessiva eliminação de urina, e a perda da ureia diminui a concentração de sais no sangue.

05. (FCMMG) Para que não sofram desidratação, o que seria curioso, os peixes marinhos desenvolvem vários mecanismos de osmorregulação, pelo fato de serem hipotônicos em relação à água do mar.

Entre esses mecanismos, **NÃO** está correto:

A) Bebem água salgada, que é absorvida pelo intestino e eliminam o excesso de sais pelas brânquias.

B) Eliminam sais através de mecanismos de transporte ativo, conservando água.

C) Eliminam pouca urina com elevada concentração de sais.

D) Secretam, através de glândulas, substâncias com elevado teor salino.

E) Acumulam, no sangue, altas taxas de ureia.

06. (UFOP-MG) No planeta Terra, os seres vivos se caracterizam pela capacidade de se perpetuar e de se adaptar ao meio ambiente. Considerando as inúmeras "experiências feitas pela natureza", pode-se constatar que, entre as classes do filo Chordata, são encontrados quatro mecanismos reprodutivos, estando todos eles presentes na classe dos Osteíctes.

Levando em consideração o texto anterior, correlacione as duas colunas.

I. Macho e fêmea lançam suas células gaméticas livremente no meio aquoso.

II. Macho deposita esperma no interior da fêmea que, após a fertilização do óvulo, faz a postura.

III. Macho deposita esperma no interior da fêmea, onde ocorre o desenvolvimento do embrião. A fêmea funciona como uma incubadora, coincidindo a postura com o momento da eclosão do ovo.

IV. Macho insemina a fêmea e o desenvolvimento embrionário ocorre no interior da fêmea, que nutre o embrião durante a gestação com posterior parição.

a. Ovíparo

b. Vivíparo

c. Ovulíparo

d. Ovovivíparo

A correlação **CORRETA** é

A) I – a, II – c, III – d, IV – b.

B) I – c, II – a, III – b, IV – d.

C) I – a, II – c, III – b, IV – d.

D) I –a, II – b, III – c, IV – d.

E) I – c, II –a, III – d, IV – b.

07. (UNIRIO-RJ) Um grupo de estudantes, ao excursionar pela Amazônia, deparou com um peixe (piramboia) praticamente imobilizado numa área lamacenta. Curiosos, aproximaram-se e perceberam que, embora as condições fossem bastante adversas, o animal, mesmo que muito lentamente, continuava a respirar. Tal possibilidade, eles investigaram posteriormente, deve-se, nesses animais (dipnoicos), à presença de

A) linha lateral.

B) urópode.

C) bexiga natatória.

D) telso.

E) válvula espiral.

08. (PUC-Campinas-SP) *Talvez, a maior de todas as inovações surgidas durante a história evolutiva dos vertebrados tenha sido o desenvolvimento da mandíbula que, manipulada por músculos e associada a dentes, permitiu aos peixes primitivos arrancar com eficiência grandes pedaços de algas e de animais, tornando disponível para si uma nova fonte de alimento. Os cordados sem mandíbula estavam restritos à filtração, à sucção do alimento ou à captura de pequenos animais. Os primeiros vertebrados mandibulados tornaram-se predadores, permitindo-lhes grande aumento no tamanho.*

LOPES, Sônia. *BIO*. v. 2. São Paulo: Saraiva, 1997. p. 361-2.

Analisando o texto e aplicando seus conhecimentos sobre os animais relacionados com o fato descrito, um estudante apresentou os seguintes comentários:

I. Lampreias são ectoparasitas de peixes e baleias, e feiticeiras alimentam-se de vermes marinhos ou peixes moribundos.

II. Os agnatos têm desvantagens em relação aos gnatostomados quanto à obtenção de alimento.

III. Atualmente, o número de espécies de agnatos é muito menor do que a dos peixes gnatostomados, fato provavelmente ocasionado pela ausência de mandíbula.

IV. As mandíbulas não se limitaram à captura de alimento, mas também podem manipular objetos e cavar buracos.

São **CORRETOS** os comentários

A) I, II, III e IV.

B) II, III e IV, somente.

C) I, III e IV, somente.

D) I, II e IV, somente.

E) I, II e III, somente.

09. (UFJF-MG) A respeito dos peixes, será **CORRETO** afirmar que

A) a sua larva denomina-se, primeiramente, girino e, posteriormente, alevino.

B) neles, a medula raquiana ou espinhal se forma a partir da notocorda.

C) todas as espécies são dotadas de brânquias.

D) nas espécies ditas pulmonadas, a bexiga natatória exerce a função de pulmão, sendo o único órgão respiratório desses animais.

E) existem espécies de reprodução sexuada e espécies de reprodução assexuada.

10. (UFF-RJ) A bexiga natatória de um peixe tem importante papel no controle de sua flutuação na água. Considere que um zoólogo, ao estudar a anatomia de dois peixes ósseos de mesmo tamanho, um de água salgada e outro de água doce, verificou que as bexigas natatórias dos dois animais, quando vazias, tinham, aproximadamente, as mesmas dimensões. Se esses animais estivessem vivos, em seus respectivos hábitats e à mesma profundidade, pode-se afirmar que

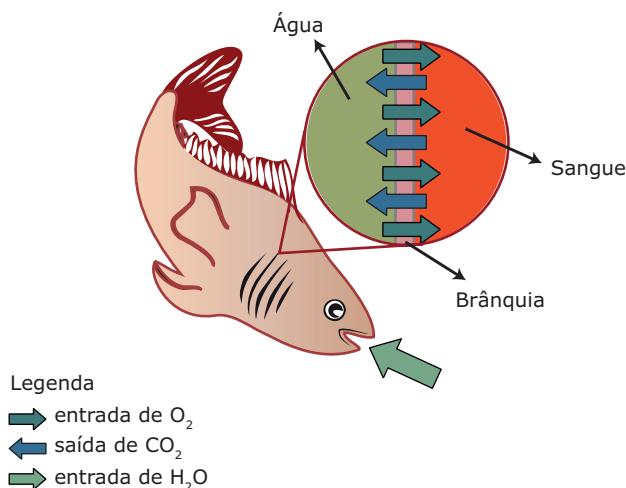
A) não haveria razão para que as bexigas natatórias dos dois peixes apresentassem volumes diferentes.

B) a bexiga natatória do peixe de água salgada estaria maior do que a do peixe de água doce.

C) as bexigas natatórias dos dois peixes teriam o mesmo volume, mas a do peixe de água salgada acumularia mais água.

D) a bexiga natatória do peixe de água doce estaria maior do que a do peixe de água salgada.

E) as bexigas natatórias dos dois peixes teriam o mesmo volume, mas a do peixe de água doce acumularia mais água.

11. (UNIFESP) Na maioria dos peixes ósseos, a bexiga natatória é o órgão responsável por manter o equilíbrio hidrostático com o meio. Isso é possível por um controle de __________ do corpo em relação à água. Portanto, ao nadar do fundo para a superfície, o peixe deve __________ o volume da bexiga natatória, para que seu corpo permaneça em equilíbrio com a pressão do meio.

Nesse texto, as lacunas devem ser substituídas, respectivamente, por

A) peso, aumentar.

B) peso, diminuir.

C) densidade, aumentar.

D) densidade, diminuir.

E) densidade, manter.

12. (UFRJ) No rim dos vertebrados, a unidade excretora (néfron) possui uma dilatação do tubo excretor (cápsula de Bowman), que mantém grande superfície de contato com capilares sanguíneos (glomérulos de Malpighi) de onde absorve água, que vai compor a urina. Existem dois tipos de peixes ósseos: um possui rim com glomérulos grandes e outro possui rim com glomérulos pequenos ou sem glomérulos. Com base nas relações osmóticas desses animais em seu ambiente, **IDENTIFIQUE** o peixe de água doce e o peixe marinho. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

13. (UFMG) Quando se quer comprar peixe fresco, deve-se observar, entre outras coisas, a aparência das suas brânquias, ou guelras, que devem apresentar cor vermelho-vivo, ou brilhante.

Nesta figura, estão representados processos que mantêm essa aparência das brânquias no peixe vivo.

Com base nas informações dessa figura e em outros conhecimentos sobre o assunto, é **INCORRETO** afirmar que

A) a reação do O_2 com a hemoglobina dá às brânquias a cor vermelho-vivo.

B) a troca gasosa, nas brânquias, caracteriza o fenômeno da difusão simples.

C) o epitélio delgado das brânquias possibilita a visualização do sangue.

D) o O_2 presente no sangue do peixe é proveniente da quebra de moléculas de água pelas brânquias.

14. (VUNESP) Os peixes podem ser, entre outras formas de alimentação, carnívoros ou herbívoros.

Quanto a essas duas formas de alimentação, como são os peixes marinhos que vivem em grandes profundidades (regiões abissais)? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

15. (UDESC-SC–2011) Observe as figuras abaixo.

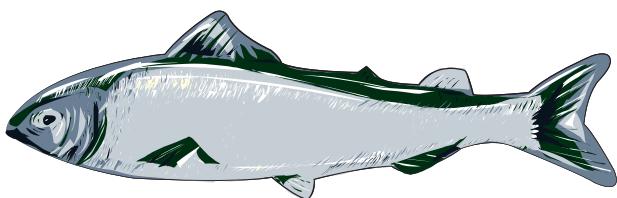



Figura 1

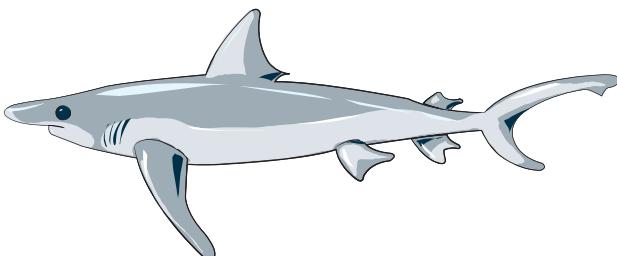



Figura 2

Elas representam duas classes de animais pertencentes ao filo Chordata. A respeito das principais características desses animais, analise as proposições abaixo.

I. Na figura 1, pode-se observar um peixe da classe Chondrichthyes, animal que apresenta esqueleto cartilaginoso; e, na figura 2, um representante da classe Osteichthyes, animais de esqueleto ósseo.

II. A linha lateral é um órgão exclusivo dos peixes ósseos e tem por função detectar vibrações na água.

III. As brânquias dos peixes Chondrichthyes encontram-se protegidas por um opérculo.

IV. Os peixes ósseos flutuam na água graças à presença de uma estrutura denominada bexiga natatória.

V. Os peixes cartilaginosos apresentam a boca localizada na porção ventral do corpo, enquanto nos peixes ósseos a posição é anterior.

Assinale a alternativa **CORRETA**.

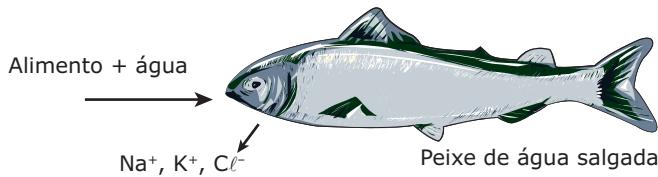
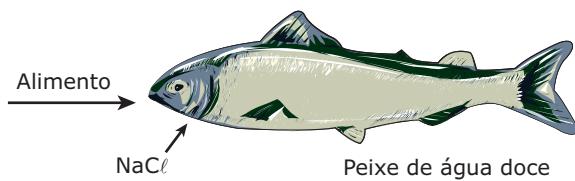
A) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

B) Somente as afirmativas IV e V são verdadeiras.

C) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

D) Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.

E) Todas as afirmativas são verdadeiras

SEÇÃO ENEM

01. Há pouco mais de 400 milhões de anos, alguns peixes tropicais começaram a desenvolver uma estratégia respiratória (respiração aérea) que se tornou uma vantagem evolutiva para a ocupação de águas com baixa concentração natural de oxigênio, como as dos rios da Amazônia. Recentemente, um dos problemas que têm preocupado os ambientalistas é o derramamento acidental de petróleo em rios da Amazônia, com a formação de uma película de óleo sobre a superfície dos rios. Estudos realizados por pesquisadores brasileiros demonstram que algumas espécies de peixe podem ser mais afetadas por esse tipo de acidente ambiental.

PESQUISA FAPESP. n. 87, 2003 (Adaptação).

Com base no texto, nas características gerais dos peixes e comparando os peixes pirarucu (*Araipama gigas*, que tem respiração aérea obrigatória) e boari (*Mesonauta insignis*, que retira todo o seu oxigênio da água), é correto dizer que

A) o pirarucu possui brânquias modificadas que possibilitam a realização da respiração aérea.
B) o boari possui uma bexiga natatória que, além de permitir a realização da respiração branquial, também está relacionada à manutenção da flutuabilidade do peixe em diferentes profundidades.
C) o pirarucu deve ser mais imediatamente afetado pelo derramamento de petróleo nos rios do que o boari, pois a criação de uma película de óleo na superfície dificulta a captação do ar.
D) as brânquias do pirarucu desempenham papel semelhante ao dos nossos pulmões.
E) o pirarucu e o boari são exemplos de peixes dipnoicos, ou seja, além da respiração branquial, também são capazes de realizar a respiração aérea.

02. Durante o processo evolutivo, os seres vivos desenvolveram mecanismos que lhes permitem manter constante seu meio interno. Os peixes ósseos, por exemplo, possuem um sofisticado mecanismo de regulação osmótica para equilibrar a diferença de salinidade nos diferentes ambientes em que vivem. Além da função respiratória, as brânquias também participam desse mecanismo osmorregulador eliminando ou absorvendo sais, conforme mostram as figuras a seguir:

Considerando os ambientes em que vivem os peixes representados nas figuras, conclui-se que

A) o meio interno do peixe de água doce é hipotônico em relação ao meio em que vive e, por isso, para manter o seu equilíbrio hidrossalino, esse animal praticamente não bebe água e absorve sais através de suas brânquias.
B) o meio interno do peixe de água salgada é hipertônico em relação ao meio em que vive e, por isso, para manter o seu equilíbrio hidrossalino, esse animal ingere bastante água e elimina sais através de suas brânquias.
C) o meio interno do peixe de água doce é hipertônico em relação ao meio em que vive, enquanto o do peixe de água salgada é hipotônico.
D) para manter o equilíbrio hídrico do seu meio interno, o peixe de água doce, como praticamente não bebe água, elimina uma urina mais concentrada do que o de água salgada.
E) para manter o equilíbrio hídrico do seu meio interno, o peixe de água salgada, como ingere bastante água, elimina uma urina mais diluída do que o de água doce.

GABARITO

Fixação

01. B 02. E 03. A 04. A 05. B

Propostos

01. B 04. C 07. C 10. D
02. D 05. D 08. A 11. C
03. A 06. E 09. C

12. O peixe marinho deve ser o de rim com glomérulos pequenos ou sem glomérulos, pois filtra água e não urina ou urina pouco, compensando a perda de água por osmose ao nível das brânquias. O peixe de água doce está numa situação oposta: o ambiente é hiposmótico e as brânquias absorvem água. Isso é compensado pela formação de urina abundante, que depende de glomérulos grandes.

13. D

14. São carnívoros. Nas regiões abissais, não há penetração da luz solar, o que impede a existência de organismos fotossintetizantes.

15. B

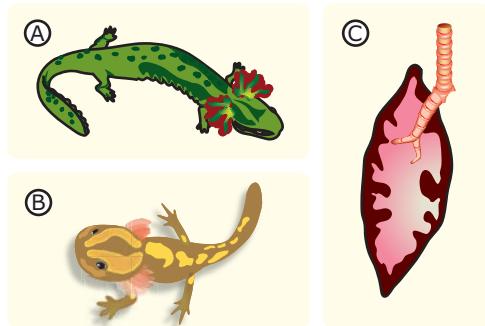
Seção Enem

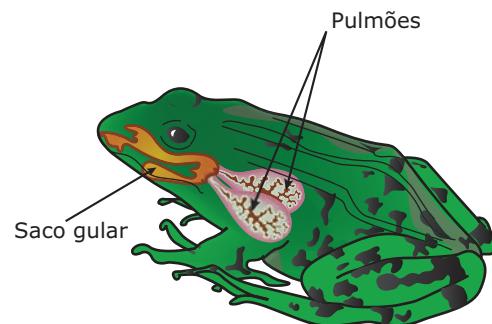
01. C 02. C

BIOLOGIA

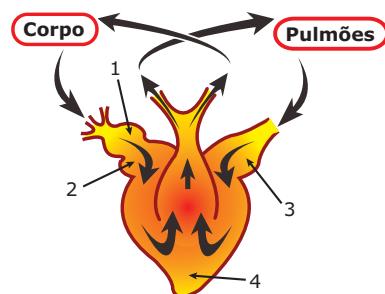
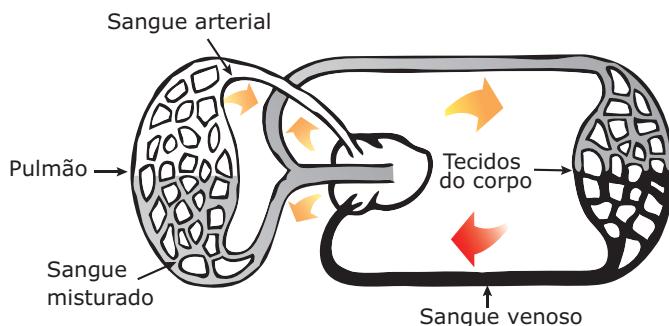
MÓDULO 15 | FRENTE C

Vertebrados: anfíbios

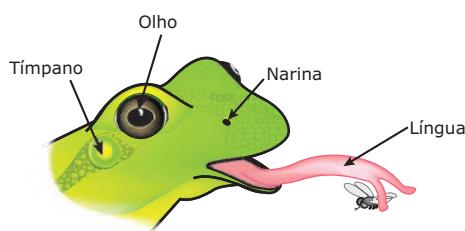
CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados terrestres, embora não tenham conseguido conquistar definitivamente esse novo ambiente, devido à dependência do meio aquoso para sua fecundação e seu desenvolvimento embrionário.

Possuem pele lisa, sem escamas, fina, coberta de muco (produzido por glândulas mucosas), ricamente vascularizada e adaptada para a respiração cutânea.

O crânio possui duas saliências, os côndilos occipitais, para articulação com a primeira vértebra da coluna vertebral. Pela posição dos côndilos, um ao lado do outro, esses animais conseguem mexer a cabeça para cima e para baixo, mas não para os lados.

O tubo digestório é completo com glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas). O intestino termina numa cloaca.

A respiração pode ser branquial, pulmonar, cutânea e bucofaríngea. Os anfíbios são os vertebrados que apresentam maior diversidade de estruturas respiratórias. Suas larvas e algumas espécies adultas (tritão, por exemplo) respiram por brânquias externas. Quando adultos, os animais pertencentes à maioria das espécies fazem a respiração cutânea e a respiração pulmonar. Seus pulmões são ainda muito rudimentares: são saculiformes, com poucas divisões internas (alvéolos), de paredes vascularizadas, com pequena superfície respiratória (superfície de troca de gases) e inflam quando o animal "deglute" o ar. Para chegar aos pulmões, o ar deve ser "deglutido", uma vez que esses animais não possuem costelas desenvolvidas que possam participar de movimentos de expansão e de contração do tórax, como também não possuem o músculo diafragma para promover a amplitude dos pulmões. Para compensar a pequena troca de gases que ocorre nos pulmões, os anfíbios adultos realizam a respiração cutânea: a pele fina, úmida e bastante vascularizada desses animais permite a troca de gases tanto com o ar quanto com a água.

__A__. Tritão, anfíbio que conserva suas brânquias externas por toda a vida; __B__. Larva de salamandra com suas brânquias externas; __C__. Pulmão de anfíbio.

Respiração bucofaríngea *– Alguns anfíbios, como sapos e rãs, também fazem a respiração bucofaríngea. Tal respiração se dá na região gular, ou seja, a cavidade bucal desses anfíbios é ampla como um saco (saco gular), chegando a ser proeminente abaixo do queixo. Assim, o ar que penetra pelas narinas enche o saco gular cujas paredes são muito vascularizadas e absorvem o O_2. O ritmo de enchimento e esvaziamento desse saco é muito mais frequente que o ritmo pulmonar.*

A circulação é fechada, dupla e incompleta. O coração é tricavitário (2 átrios e 1 ventrículo).

Coração de anfíbio *– __1.__ seio venoso; __2.__ átrio direito (AD); __3.__ átrio esquerdo (AE); __4.__ ventrículo.*

O átrio direito recebe o sangue venoso proveniente dos tecidos, enquanto o átrio esquerdo recebe sangue arterial que vem dos pulmões. Como o ventrículo é único, nele ocorre a mistura de sangue venoso (proveniente do átrio direito) com o sangue arterial (proveniente do átrio esquerdo). Do ventrículo único, o sangue misturado sai pela artéria aorta, que se bifurca. Um dos ramos leva o sangue misturado para os diversos tecidos do corpo, e o outro leva o sangue misturado apenas para os pulmões. Ao passar pelos capilares sistêmicos (capilares dos tecidos), o sangue deixa o O_2 para as células dos tecidos e recebe delas mais CO_2, passando, assim, à condição de sangue venoso. Esse sangue venoso é levado ao coração e desemboca no átrio direito. Por outro lado, o sangue misturado que é levado aos pulmões, ao passar pelos capilares pulmonares, deixa o CO_2 para ser eliminado pelas vias respiratórias e recebe mais O_2, passando à condição de sangue arterial. Esse sangue arterial é levado dos pulmões para o coração, desembocando no átrio esquerdo.

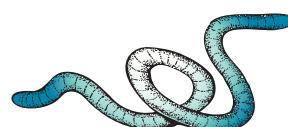
Circulação nos anfíbios

Na fase de larva, os anfíbios são animais amoniotélicos e, quando adultos, são ureotélicos. A excreção se faz através de rins mesonéfrons.

O sistema nervoso é do tipo cerebroespinhal e, portanto, subdivido em SNC e SNP. O encéfalo é relativamente pequeno. Os anfíbios também são animais lisencéfalos.

Sistema sensorial *– O sistema sensorial dos anfíbios é dotado de olhos desenvolvidos, adaptados à visão de objetos em movimento, o que garante, por exemplo, a captura de insetos em pleno voo. Há ouvidos interno e médio e o tímpano fica ao nível da pele, logo atrás do olhos. Também há um epitélio olfativo nas fossas nasais.*

Os anfíbios são animais dioicos e a fecundação, na maioria das espécies, é externa. Apenas na salamandra e na maioria das espécies de cobra-cega, a fecundação é interna. O desenvolvimento é indireto (com metamorfose), passando por um estágio de larva. As larvas de sapos e rãs são conhecidas por girinos.

CLASSIFICAÇÃO

Na classe Amphibia, destacamos três ordens: **Gymnophiona (Apoda)**, **Urodela** e **Anura.**

Anfíbios atuais

Gymnophiona (Apoda)

Os gimnofionos ou ápodes (sem patas) são anfíbios de corpo cilíndrico, alongado e liso. Os membros locomotores (patas) são atrofiados. Os animais dessa ordem vivem geralmente em buracos no solo. Exemplo: cobra-cega (cecília), animal com aproximadamente 50 cm, com olhos atrofiados e cobertos pela pele.

Urodela (Caudata)

Os urodelos são anfíbios portadores de cauda e quatro patas bem-desenvolvidas. Exemplos: tritão e salamandra.

Alguns, como o tritão, preservam as brânquias por toda a vida, ocupando o hábitat aquático, mesmo na fase adulta. Já a salamandra, na fase adulta, tem hábitat terrestre e não possui mais as brânquias. Na larva da salamandra, conhecida por axolotl (pronuncie axolótil), ocorre um caso particular de desenvolvimento: a neotenia, em que o animal alcança a maturidade sexual (torna-se adulto), apresentando ainda características típicas de sua forma larvária. As larvas, então, tornam-se sexualmente maduras, produzem gametas e se reproduzem normalmente por fecundação.

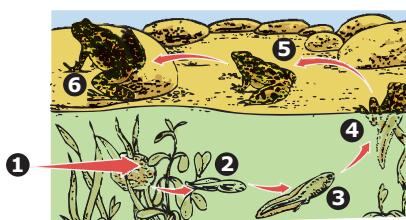
Axolotl

Salamandra

Anura

Anfíbios com quatro patas e desprovidos de cauda na fase adulta. Exemplos: sapos, rãs e pererecas.

Alguns sapos produzem nas glândulas paratoides, situadas junto à cabeça, atrás dos olhos, uma substância branco-leitosa e venenosa. Esses animais, portanto, são venenosos, mas não são peçonhentos, uma vez que não são capazes de inocular ou injetar esse veneno. O veneno só é expelido quando há compressão das glândulas paratoides, e não voluntariamente pelo sapo. A presença dessa glândula nesses animais é uma forma de defesa contra os predadores (cobras, por exemplo) que, ao abocanhá-los, pressionam as glândulas. Dessa forma, o veneno eliminado ataca fortemente os tecidos vivos, como mucosas e globo ocular, provocando inclusive vômitos. Assim, uma cobra cospe o sapo, quando este espirra o veneno em sua boca.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UEL-PR) Das características a seguir, identifique as que são importantes aos anuros para a conquista do ambiente terrestre.

I. Metamorfose.

II. Trocas gasosas realizadas por pulmões e tegumento.

III. Hemácias nucleadas.

IV. Membros anteriores e posteriores bem desenvolvidos.

V. Fecundação interna com deposição de ovos com casca.

A alternativa **CORRETA** é:

A) Apenas as características I, II e IV são importantes.

B) Apenas as características I, III e IV são importantes.

C) Apenas a característica III é importante.

D) Apenas as características I e IV são importantes.

E) Apenas a característica V é importante.

02. (Unimontes-MG) O ciclo de vida de determinados anfíbios é caracterizado por metamorfose e influenciado pelo próprio ambiente. A figura a seguir mostra algumas etapas desse ciclo. Analise-a.

Considerando a figura apresentada e seus conhecimentos sobre o assunto, analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa **CORRETA**.

A) A presença de plantas no local de oviposição não influencia na sobrevivência dos ovos.

B) A vulnerabilidade de 5 é maior do que a de 3, quando atacados por um mesmo predador.

C) O canto do animal é influenciado pela sua anatomia e é fator de diferenciação entre espécies.

D) A utilização de fitoplâncton como alimento é maior em 6 do que em 2.

03. (UEPG-PR) Em urodelos (anfíbios), as larvas em determinadas condições tornaram-se sexualmente maduras sem perderem as características larvais, produzindo óvulos fertilizáveis.

Esse fenômeno denomina-se

A) neotenia.

B) pedogênese.

C) poliembrionia.

D) metamorfose.

E) oogamia.

04. (PUC-Campinas-SP) O coração dos anfíbios possui

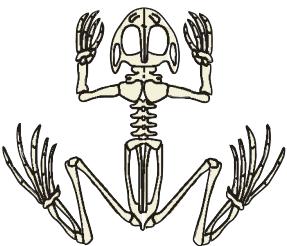
A) um átrio e um ventrículo, ambos sem septo.

B) um átrio com septo parcial e um ventrículo sem septo.

C) um átrio e um ventrículo, ambos com septos parciais.

D) dois átrios e um ventrículo.

E) dois átrios e dois ventrículos.

05. (UFMG) Observe a figura:

Com relação ao comportamento representado na figura, pode-se afirmar que ele

A) depende do hormônio paratireoideano.

B) ocorre em qualquer fase da vida do animal.

C) representa a fecundação e desenvolvimento internos.

D) resulta em eliminação simultânea de gametas.

E) resulta em maior proteção da prole.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC-Campinas-SP) A figura a seguir mostra o esqueleto de um vertebrado.

O esqueleto em questão indica que se trata de um animal adaptado para

A) cavar o solo.
B) saltar.
C) correr.
D) rastejar.
E) voar.

02. (PUC Minas) As afirmativas a seguir se referem a anfíbios.

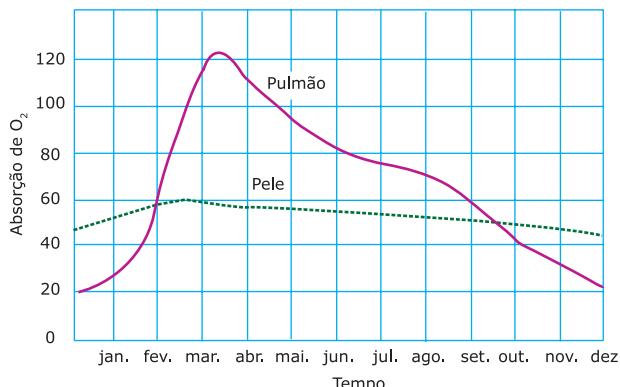
I. Os girinos, assim como os adultos, possuem a pele como principal sítio de troca gasosa.

II. A fecundação é, via de regra, interna.

III. O principal produto de excreção é a ureia.

São **VERDADEIRAS** as afirmativas

A) I, II e III.
B) I e III, apenas.
C) II e III, apenas.
D) I, apenas.
E) III, apenas.

03. (PUC Minas) O anfíbio axolotl, provavelmente por uma deficiência da tireoide, dificilmente completa sua metamorfose, permanecendo indefinidamente na forma larvária, na qual, inclusive, se reproduz. Essa capacidade de se reproduzir na fase larvária é um caso de

A) partenogênese.
B) pedogênese.
C) ovogênese.
D) poliembrionia.
E) neotenia.

04. (UFLA-MG) Na maioria dos anfíbios anuros, a larva vive na água e o adulto, fora dela. Assinale a alternativa da tabela que contém os produtos de excreção nitrogenada **CORRETOS** para cada fase considerada.

	Larva	Adulto
A)	Amônia	Ureia
B)	Ureia	Amônia
C)	Ácido úrico	Ureia
D)	Ureia	Ácido úrico
E)	Amônia	Amônia

05. (UFRN) Coloca-se um girino em um recipiente com água marinha. Após certo tempo, o girino

A) sofre metamorfose, pela ação da salinidade.
B) perde água em excesso, por osmose, e morre.
C) absorve muita água, através da difusão, e morre.
D) começa a murchar, porque suas células se rompem.

06. (Unifor-CE) O gráfico a seguir mostra os resultados de uma experiência feita para comparar o papel da pele ao dos pulmões, em certa espécie de sapo do Hemisfério Norte.

Sobre esses dados, fizeram-se as seguintes afirmações:

I. Nos meses mais frios, a respiração cutânea predomina sobre a pulmonar.

II. Nos meses em que o metabolismo dos animais é mais intenso, predomina a respiração pulmonar.

III. A respiração cutânea é praticamente constante ao longo do ano.

É **CORRETO** o que se afirma em

A) I, somente.
B) II, somente.
C) III, somente
D) II e III, somente.
E) I, II e III.

07. (UEL-PR) Regiões de temperaturas extremas e clima seco são desfavoráveis para os anfíbios porque esses animais são

A) pecilotérmicos, e seu tegumento apresenta camada córnea espessa.
B) pecilotérmicos, e seu tegumento apresenta camada córnea reduzida.
C) pecilotérmicos, e seu tegumento apresenta escamas desenvolvidas.
D) homeotérmicos, e seu tegumento não apresenta camada.

08. (UFJF-MG) Os sapos têm sido considerados popularmente animais perigosos por seu veneno, por sua urina e por "trazerem azar". São inofensivos, entretanto, apresentam um par de glândulas de veneno (conforme mostra a figura), que só é liberado quando essas glândulas são comprimidas.

Com base na ilustração e no que foi dito, responda:

A) Como são chamadas essas glândulas?
B) Qual a função ou funções da secreção dessas glândulas?

09. (PUC RS) As atividades humanas vêm provocando sérias alterações no meio ambiente, as quais comprometem a sobrevivência de muitos seres vivos. Os representantes da classe Amphibia, por exemplo, formam um grupo particularmente afetado pela ação conjunta da acidificação dos ambientes aquáticos (decorrentes da chuva ácida) e do aumento no nível de radiação ultravioleta (resultante da destruição da camada de ozônio).

Com relação às características dessa classe de animais, é **INCORRETO** afirmar que

A) são animais ectotérmicos (ou pecilotérmicos).

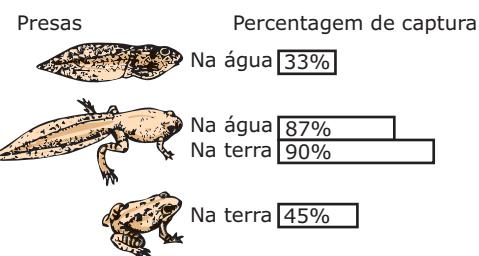
B) são vertebrados tetrápodos.

C) possuem coração com três cavidades.

D) geralmente apresentam fecundação externa.

E) possuem pele seca e impermeável.

10. (UFMS–2010) Leia o texto e, em seguida, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

Um sapo sem pulmão acaba de ser descoberto na ilha de Bornéu, na Indonésia. Trata-se do primeiro caso confirmado do tipo e, segundo os cientistas responsáveis pelo estudo, a espécie aquática Barbourula kalimantanensis *aparentemente respira através da pele. [...] Duas populações da espécie, sobre a qual havia relatos, foram encontradas durante recente expedição dos pesquisadores. [...] De todos os tetrápodes, vertebrados terrestres com quatro membros, sabe-se que a ausência de pulmões ocorre apenas em anfíbios. São conhecidas algumas espécies de salamandras sem o órgão, além de uma de cobra-cega. Para os autores do estudo, a descoberta em uma rara espécie de sapo em Bornéu reforça a ideia de que pulmões sejam uma característica maleável nos anfíbios. Como a* B. kalimantanensis *vive em água corrente e fria, a ausência de pulmões poderia ser uma adaptação para uma combinação de fatores, como um meio com mais oxigênio, o baixo metabolismo do animal, o achatamento do corpo que aumenta a área superficial da pele e a preferência por afundar em relação a boiar.*

Fonte: Agência FAPESP

Disponível em: <http://www.agencia.fapesp.br/materia/8679/divulgacao-cientifica/sapo-sem-pulmao-e-descoberto.htm>.

01. Os sapos, as salamandras e as cobras-cegas são anfíbios.

02. Além dos anfíbios, minhocas também possuem respiração cutânea.

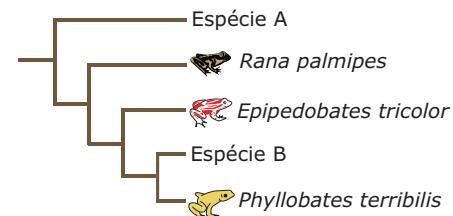
04. Apesar do baixo metabolismo, a *B. kalimantanensis* é animal endotérmico, como todos os anfíbios.

08. Por ter somente respiração cutânea, a *B. kalimantanensis* precisa manter a pele sempre úmida. Por essa razão, sua dependência de viver no meio aquático é maior do que a dos sapos que possuem pulmões.

16. Nos anfíbios, quando os pulmões estão ausentes, há apenas a circulação do sangue venoso.

32. O baixo metabolismo está associado com rápida digestão do alimento e alta taxa de natalidade.

Soma ( )

11. (PUC Minas) O diagrama mostra a relação entre girinos, animais em metamorfose e adultos da espécie *Pseudacris triseriata* e a porcentagem de presas capturadas por uma espécie de serpente do gênero *Tamnophys.*

Com base no diagrama e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa **INCORRETA**.

A) O processo de metamorfose envolve, além da reabsorção da cauda, outras mudanças não evidenciadas no esquema.

B) Quanto mais rápido o girino passar pelo processo metamórfico, maiores suas chances de sobrevivência.

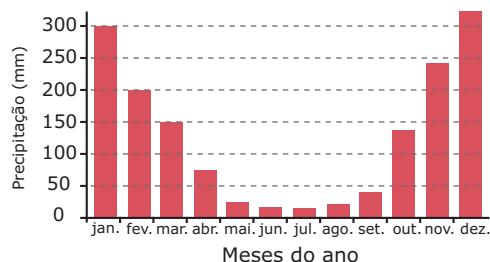
C) Indivíduos em metamorfose são mais vulneráveis em função da dificuldade de locomoção tanto em água como em terra firme.

D) A capacidade em escapar da predação é determinada pela presença de membros tetrápodas.

12. (FMTM-MG) Em anfíbios adultos, os pulmões são estruturas consideradas pouco eficientes, já que possuem uma superfície interna limitada, com alvéolos simples. Além disso, o mecanismo de bombeamento de ar no seu interior é precário, já que consta basicamente de movimentos de "engolir" da musculatura bucal (movimentos gulares). Responda:

A) Que estrutura assume uma importância especial nas trocas de gases em anfíbios?

B) Que problema essa mesma estrutura traz, dificultando a sobrevivência dos anfíbios no ambiente terrestre?

13. (UFRJ) Alguns anfíbios possuem venenos que têm por base compostos químicos alcaloides. Os alcaloides obtidos a partir dessas espécies vêm sendo utilizados em pesquisas biomédicas, por causa de suas propriedades farmacológicas. Os cientistas acreditam que o conhecimento das relações evolutivas (filogenéticas) dos anfíbios pode auxiliar na escolha das espécies a serem estudadas na busca de novos alcaloides. A figura a seguir mostra as relações evolutivas entre cinco espécies de anfíbios. As espécies *Phyllobates terribilis* e *Epipedobates tricolor* apresentam alcaloides, enquanto a espécie *Rana palmipes* não possui esse tipo de substância.

IDENTIFIQUE qual das duas espécies, A ou B, deveria ser estudada primeiro pelos cientistas na busca por alcaloides de interesse farmacológico. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

14. (FUVEST-SP) Com relação à conquista do meio terrestre, alguns autores dizem que as "briófitas são os anfíbios do mundo vegetal". **JUSTIFIQUE** essa analogia.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) Em uma área, observa-se o seguinte regime pluviométrico:

Os anfíbios são seres que podem ocupar tanto ambientes aquáticos quanto terrestres. Entretanto, há espécies de anfíbios que passam todo o tempo na terra ou então na água. Apesar disso, a maioria das espécies terrestres depende de água para se reproduzir e o faz quando esta existe em abundância. Os meses do ano em que, nessa área, esses anfíbios terrestres poderiam se reproduzir mais eficientemente são de

A) setembro a dezembro.
B) novembro a fevereiro.
C) janeiro a abril.
D) março a julho.
E) maio a agosto.

02.

Durante o ciclo de vida do animal representado na figura, ocorrem mudanças anatômicas e fisiológicas. Comparando os girinos com os animais adultos é correto dizer que

A) os girinos excretam principalmente ácido úrico, enquanto os adultos excretam apenas amônia.
B) os girinos possuem uma circulação simples e incompleta, enquanto os adultos têm circulação dupla e completa.
C) os girinos possuem sistema nervoso ganglionar, enquanto nos adultos o sistema nervoso é do tipo cérebro-espinhal.
D) nos girinos os tubo digestório é incompleto, enquanto os adultos têm tubo digestório completo, com boca e ânus.
E) os girinos fazem respiração branquial, enquanto os adultos realizam respiração cutânea, pulmonar e bucofaríngea.

GABARITO

Fixação

01. A
02. C
03. A
04. D
05. D

Propostos

01. B
02. E
03. E
04. A
05. B
06. E
07. B
08. A) Glândulas paratoides.
    B) Sua secreção tem função de defesa.
09. E
10. Soma = 11
11. D
12. A) Pele (tegumento).
    B) Por ser fina e pouco queratinizada, a pele do animal oferece pouca ou nenhuma proteção contra a desidratação.
13. Espécie B. As espécies *P. terribilis e E. tricolor* são, evolutivamente, mais próximas entre si, isto é, possuem um ancestral comum que não é compartilhado com *R. palmipes* (espécie que não apresenta veneno) nem com a espécie A. A característica de interesse (presença de veneno) compartilhada pelas duas primeiras espécies pode ter surgido em seu ancestral comum mais próximo. Nesse caso, é provável que todos os descendentes desse mesmo ancestral compartilhem tal característica, incluindo, assim, a espécie B.
14. Assim como os anfíbios, as briófitas, apesar de terrestres, vivem em locais úmidos e, ainda, dependem da água do ambiente para a sua reprodução.

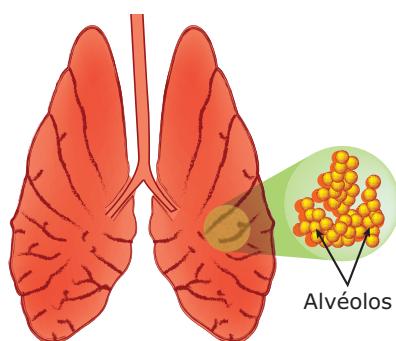
Seção Enem

01. B
02. E

BIOLOGIA

MÓDULO 16 FRENTE C

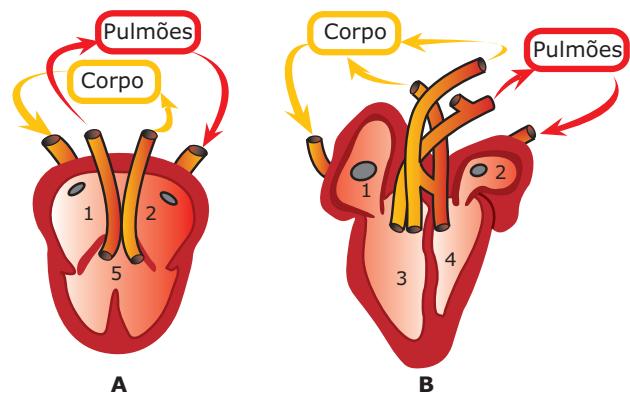
Vertebrados: répteis

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os répteis (do latim *reptilis*, que se arrasta) foram os vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre, tornando-se independentes do ambiente aquático para se reproduzir.

Possuem pele seca, sem glândulas mucosas, recobertas por escamas ou placas córneas de origem epidérmica constituídas de queratina. Esse revestimento altamente queratinizado é uma excelente proteção contra a perda de água através da pele.

O crânio possui apenas um côndilo occipital.

O tubo digestório é completo com glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas). Em geral, são homodontes (dentes morfologicamente semelhantes, variando apenas no tamanho) e polifiodontes (formam várias dentições). Alguns, entretanto, como os quelônios (tartarugas), são adontes (ausência de dentes). O intestino termina numa cloaca.

A respiração é pulmonar, mas as tartarugas marinhas também podem fazer a respiração cloacal.

Pulmão de réptil *– Os pulmões dos répteis possuem um número maior de alvéolos, tendo, portanto, uma superfície respiratória maior que a dos pulmões dos anfíbios.*

A entrada de ar (inspiração) e a saída de ar (expiração) são feitas com auxílio de costelas que se ligam às vértebras da coluna vertebral e ao osso esterno (nos anfíbios, as costelas são muito curtas e só se ligam à coluna vertebral). Os pulmões dos répteis funcionam como foles: aspiram o ar graças ao movimento das costelas às quais estão presos.

Nas tartarugas marinhas, a cloaca apresenta sacos vascularizados e paredes finas que funcionam como "brânquias cloacais", quando os animais estão submersos. O animal permite a entrada de água pela cloaca com a finalidade de absorver o oxigênio dissolvido nela. Esse mecanismo permite que o animal fique submerso por um tempo maior.

A circulação dos répteis é fechada, dupla e incompleta. O coração é tricavitário (exceto nos répteis crocodilianos, em que é tetracavitário) e possui dois átrios e um ventrículo, tal como o coração dos anfíbios. Entretanto, o ventrículo apresenta um septo, o septo de Sabatier, ausente nos anfíbios e que constitui o primeiro passo evolutivo para a formação de um coração tetracavitário, que divide parcialmente o ventrículo. Assim, é comum se dizer que o coração dos répteis (exceto crocodilianos) tem as seguintes cavidades: dois átrios e um ventrículo septado ou trabeculado. Nesse ventrículo único, à semelhança do que acontece no dos anfíbios, também ocorre mistura de sangue venoso com sangue arterial. Entretanto, essa mistura se dá em menor escala que nos anfíbios, devido à presença do septo de Sabatier.

Coração de réptil *– Nos répteis crocodilianos, o coração já é tetracavitário, isto é, apresenta dois átrios e dois ventrículos totalmente separados. Assim, dentro do coração desses répteis, não há mistura de sangue venoso com sangue arterial. Apesar disso, na circulação desses animais, ocorre mistura de sangue venoso e sangue arterial porque, entre as duas artérias que saem dos ventrículos, existe um shunt ou ponte, chamado de* ***forâmen de Panizza****, em que existem pequenos orifícios que permitem uma pequena mistura dos dois tipos de sangue.* ***(A) Répteis*** *–* ***1.*** *Átrio direito;* ***2.*** *Átrio esquerdo;* ***5.*** *Ventrículo.* ***(B) Répteis crocodilianos*** *–* ***1.*** *Átrio direito;* ***2.*** *Átrio esquerdo;* ***3.*** *Ventrículo direito;* ***4.*** *Ventrículo esquerdo.*

Os répteis são animais uricotélicos e fazem sua excreção através de rins metanéfrons. Em muitas espécies marinhas (tartarugas e lagartos marinhos), devido à ingestão de alimentos com grandes concentrações de sais, os rins não conseguem eliminar todo o sal que é ingerido. Assim, para auxiliar os rins na função osmorreguladora, essas espécies possuem glândulas de sal que, por meio de transporte ativo, excretam o excesso ingerido. Essas glândulas localizam-se na cabeça, na região das órbitas, e seus canais eliminam o produto ao lado do globo ocular ou nas cavidades nasais.

O sistema nervoso é cerebroespinhal e está subdividido em SNC e SNP.

O sistema sensorial é composto de olhos, epitélio olfativo nas fossas nasais, ouvido interno, médio e um conduto auditivo externo. Nas cobras e nos lagartos, existem também os órgãos de Jacobson, de função olfativa, e, nas cobras peçonhentas, as fossetas loreais (termorreceptores).

Em sua maioria, os répteis são animais dioicos. A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*), da ilha Queimada Grande, no litoral paulista, é uma espécie monoica. Fazem fecundação interna. Muitas espécies são ovíparas, mas há também espécies vivíparas (como as sucuris) e ovovivíparas (como as cobras peçonhentas em geral). O desenvolvimento é direto. Durante o desenvolvimento embrionário, além do saco vitelino, formam-se outros anexos: âmnio, alantoide e córion.

CLASSIFICAÇÃO

Os répteis atuais estão distribuídos em quatro ordens: Rhynchocephalia (Rincocéfalos), Chelonia (Quelônios), Crocodilia (Crocodilianos) e Squamata (Escamados).

Um rincocéfalo (tuatara)

Um ofídio (cobra)

Um quelônio (cágado)

Um lacertílio (lagarto)

Um crocodiliano (jacaré)

Diferentes ordens da classe dos répteis

Rincocéfalos

Primitivos e em extinção, estão reduzidos a uma única espécie, o tuatara (*Sphenodon puncatatum*), encontrado na Nova Zelândia.

Quelônios

Possuem placas dérmicas que se fundem umas às outras, originando uma carapaça dorsal e um plastrão ventral rígidos, que protegem seus corpos. As vértebras e costelas fundem-se a essas estruturas. Não possuem dentes (adontes), mas lâminas córneas usadas para arrancar pedaços de alimento. Exemplos: tartarugas (marinhas e de água doce); cágados (apenas de água doce), que têm um longo pescoço recurvado, e os jabutis (terrestres), que possuem as patas curtas e de forma cilíndrica, não adaptadas à natação.

Crocodilianos

Possuem o corpo revestido por uma pele grossa e coriácea (dura), com placas córneas reforçadas por ossos dérmicos. A boca é dotada de mandíbulas poderosas com dentes. Possuem coração tetracavitário. Exemplos: jacarés (dulcícolas) e crocodilos (dulcícolas e marinhos). Os crocodilos marinhos são os maiores répteis viventes na atualidade, com indivíduos que chegam a medir 7 metros de comprimento.

Figura I

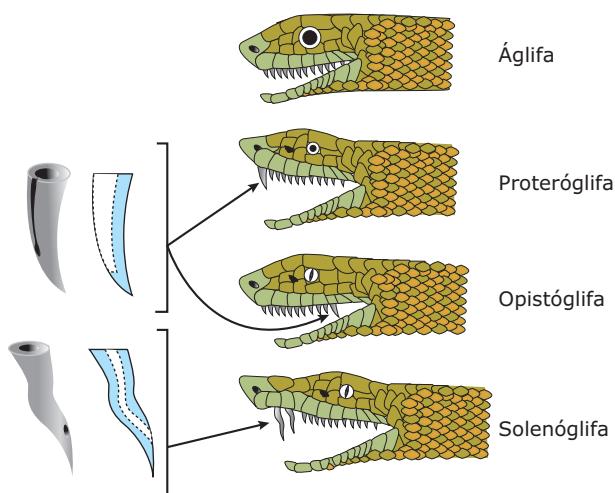
Figura II

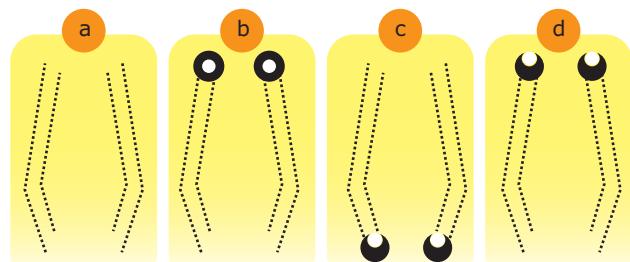
A figura I é do crocodilo, e a figura II, do jacaré*. Os crocodilos têm o focinho mais afilado e mais hidrodinâmico que o dos jacarés.*

Escamados

Possuem escamas que recobrem o corpo e uma cloaca em posição transversal. Possuem órgãos de Jacobson, de função olfativa, que se abrem no fundo da cavidade bucal. Esses órgãos são quimiorreceptores que auxiliam na identificação de alimentos dentro da boca.

Os répteis escamados estão subdivididos em dois grupos: lacertílios (lagartos) e ofídios (cobras).

Lacertílios

Nesse grupo, encontram-se os calangos, as lagartixas, os camaleões e as iguanas. Há apenas um gênero entre os lacertílios que é venenoso: o *Heloderma* ("monstro-de-Gila"), encontrado apenas no México e no sul dos Estados Unidos.

Ofídios

São ápodes (ausência de patas) e possuem escamas córneas que podem ser eliminadas de uma só vez, por ocasião da muda. A boca é ampla, com uma língua bífida. Têm o pulmão direito, comprido e alongado, sendo o esquerdo bastante atrofiado. Há, na cavidade cloacal, dois cecos copuladores, que são chamados hemipênis. Existem espécies peçonhentas e espécies não peçonhentas. As peçonhentas são dotadas de glândulas salivares modificadas, secretoras de veneno, e dentes especiais para a inoculação (presas inoculadoras de veneno). Esses dentes inoculadores de veneno, dependendo da espécie, podem ser canaliculados (com um canal na região central) ou sulcados (com um sulco na face posterior).

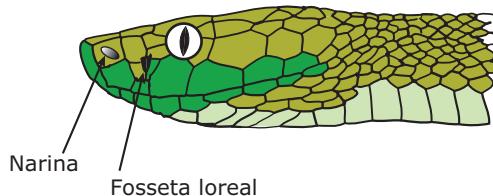
De acordo com a dentição, as cobras são classificadas em: áglifas, proteróglifas, opistóglifas e solenóglifas.

A) **Áglifas** – Cobras não venenosas (não possuem dentes inoculadores de veneno). Como exemplos, temos a sucuri e a jiboia que, apesar de não serem venenosas, são também perigosas devido à sua grande força muscular.

B) **Proteróglifas** – Possuem dentes inoculadores de veneno com sulco (dentes sulcados), localizados anteriormente na boca. Exemplos: corais-verdadeiras.

C) **Opistóglifas** – Possuem dentes inoculadores de veneno com sulco (dentes sulcados), localizados posteriormente na boca. Não oferecem grande perigo, uma vez que a posição dos dentes dificulta a injeção de veneno. Exemplos: falsa-coral e cobra-cipó.

D) **Solenóglifas** – Possuem dentes inoculadores de veneno com canal (dentes canaliculados), localizados na região anterior da boca. Exemplos: cascavel, jararaca, urutu e surucucu.

Tipos de dentição em cobras

Marcas de mordidas de cobras *– **a.** cobra áglifa (sem presa inoculadora de veneno); **b.** solenóglifa (com dente canaliculado na região anterior da boca); **c.** opistóglifa; **d.** proteróglifa (c e d com dentes sulcados).*

Existem algumas características que permitem, de um modo geral, distingir as espécies peçonhentas das não peçonhentas. Veja o quadro a seguir:

	Peçonhentas	**Não peçonhentas**
Cabeça	Triangular, bem destacada do corpo, coberta por escamas	Oval, mal destacada do corpo, coberta de placas poligonais
Cauda	Curta, afilada bruscamente	Longa, afinando-se gradualmente
Olhos	Pequenos, com pupilas em forma de fendas verticais	Grandes, com pupilas circulares
Fossetas loreais	Presentes	Ausentes
Escamas	Carenadas e imbricadas	Lisas e justapostas
Hábitos	Noturnos	Diurnos
Movimentos	Vagarosos	Rápidos
Reprodução	Ovovivíparas	Ovíparas
Quando ameaçada	Assume atitude de ataque (enrola-se)	Foge

As características do quadro anterior nem sempre podem ser usadas de forma garantida para a identificação de espécies peçonhentas e não peçonhentas. As corais, por exemplo, são peçonhentas, embora não possuam fossetas loreais, tenham pupilas circulares e cabeça arredondada.

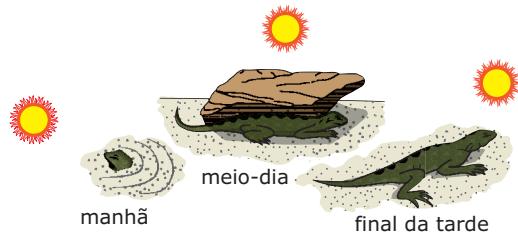
Fosseta loreal *– As fossetas loreais são termorreceptores que se localizam entre as narinas e os olhos e são capazes de detectar, através da percepção do calor, a presença de presas, mesmo no escuro.*

Chamamos de ofidismo o envenenamento pelo veneno de cobra. Dependendo da espécie, o veneno pode ter ações neurotóxicas, proteolíticas, hemolíticas e coagulantes.

Os venenos de ação neurotóxica atuam sobre o sistema nervoso, provocando dormência e insensibilidade no local da inoculação, paralisias musculares, perda da visão e prostração geral, podendo ocasionar até parada respiratória. Os de ação proteolítica causam intensa dor no local da inoculação e necrose dos tecidos (morte dos tecidos). Os hemolíticos, por sua vez, determinam hemólise (destruição de hemácias), com presença de metaglobulina na urina, que se torna escura. Já os venenos de ação coagulante, em pequenas doses, coagulam o fibrinogênio, o que impede a coagulação do sangue; em grandes doses, ao contrário, provocam intensa coagulação, podendo causar a morte em poucos minutos.

	Ação do veneno			
Cobras	**Neurotóxico**	**Proteolítico**	**Hemolítico**	**Coagulante**
Crotalus **(cascavel)**	+		+	
Bothrops **(urutu, jararaca)**		+		+
Micrurus **(coral)**	+			

Quando ocorrem acidentes com ofídios, isto é, mordidas de cobras, deve-se manter o acidentado em repouso, evitando que ele ande, corra ou se locomova. A locomoção facilita a absorção do veneno e, em caso de acidente com as jararacas, jararacuçus e outras, os ferimentos se agravam. No caso de a mordida ter ocorrido em uma perna ou braço, é importante manter esse membro em posição mais elevada. Deve-se lavar bastante o local com água limpa e sabão, procurando imediatamente orientação médica nos centros ou serviços de saúde mais próximos. O tratamento é feito com o uso de soros antiofídicos. Existem o soro polivalente, que pode ser usado em qualquer caso (exceto contra o veneno das corais-verdadeiras), e os soros antiofídicos específicos, tais como: soro anticrotálico (usado contra o veneno de cascavéis); soro antibotrópico (contra veneno de cobras do gênero *Bothrops*, como jararaca, urutu e jararacuçu); soro antilaquético (contra veneno da surucucu); soro antielapídico (usado exclusivamente contra o veneno das corais-verdadeiras).

A seguir, há algumas medidas para se prevenir acidentes com cobras, em especial na zona rural. Tais medidas estão de acordo com as publicações do Ministério da Saúde e do Instituto Butantan de São Paulo:

- Como 80% das mordidas de cobras atingem as pernas, abaixo dos joelhos, o uso de botas entre os trabalhadores rurais reduz o risco desse tipo de acidente.
- Como 19% das mordidas atingem as mãos ou os antebraços, o uso de luvas de couro para remexer montes de lixo, folhas secas, buracos, lenhas ou palha também contribui para reduzir esse tipo de acidente.
- Cobras gostam de se abrigar em locais quentes, escuros e úmidos. Portanto, é preciso ter cuidado ao mexer em pilhas de lenha, palhadas de feijão, milho ou cana.
- Onde há rato, geralmente, há cobra. Não deixe amontoar lixo. Limpe paióis e terreiros. Feche buracos de muros, portas e janelas.
- Atenção ao calçar sapatos e botas. Animais peçonhentos podem se refugiar dentro deles.
- Não mate cobras simplesmente por estarem vivas. Elas mantêm o equilíbrio natural, comendo roedores que transmitem doenças e causam prejuízos nas plantações e nos paióis.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST-SP) Assinale a afirmação **CORRETA** em relação aos répteis.

A) Foram os primeiros amniotas na evolução dos vertebrados.

B) Algumas ordens apresentam fecundação externa.

C) Apresentam sempre o coração incompletamente dividido em quatro câmaras: duas aurículas distintas e dois ventrículos parcialmente separados.

D) Não fazem parte do ecossistema marinho.

E) São animais agressivos, mas só entre ofídios encontramos indivíduos peçonhentos.

02. (UNIFESP–2009) A figura a seguir mostra o comportamento de um lagarto em diferentes períodos do dia.

HICKMAN *et al.* 2004. *Princípios integrados de Zoologia.* (Adaptação).

Tal comportamento encontra-se relacionado diretamente com a

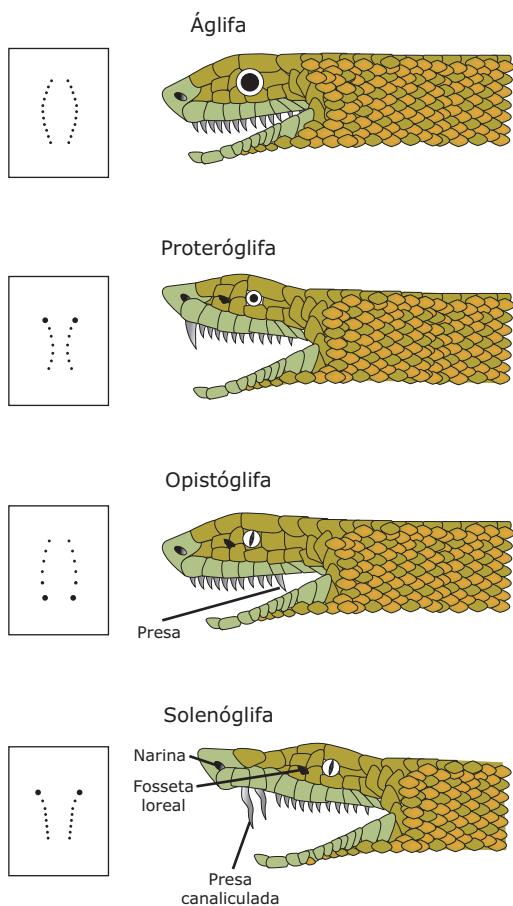
A) regulação térmica do animal, pois seu metabolismo celular não é capaz de produzir qualquer tipo de calor.

B) regulação térmica do animal, pois seu corpo necessita manter temperaturas adequadas ao metabolismo.

C) respiração, pois ela ocorre tanto por meio de pulmões como por meio da pele.

D) respiração, pois o ar que chega aos seus pulmões deve conter certa porcentagem de umidade para as trocas alveolares.

E) regulação térmica e com a respiração, pois o animal não é capaz de produzir seu próprio calor e respira por meio dos pulmões e da pele.

03. (UFV-MG) O anexo embrionário que aparece a partir dos répteis e tem como função proteger o embrião contra o dessecamento é

A) a vesícula vitelina.

B) o âmnio.

C) o alantoide.

D) o córion.

E) a placenta.

04. (Unisa-SP) A fosseta loreal é

A) o órgão de olfato dos lagartos.

B) o órgão de percepção de calor em ofídios.

C) o orifício de comunicação entre os dois ventrículos em crocodilianos.

D) exclusiva de cobras não venenosas.

E) a abertura da cloaca nos quelônios.

05. (FUABC-SP) As cobras áglifas são

A) possuidoras de dentes de veneno sulcados, na parte anterior da boca.

B) destituídas de dentes de veneno.

C) possuidoras de dentes de veneno sulcados, na parte posterior da boca.

D) possuidoras de dentes de veneno canaliculados, na parte anterior da boca.

E) possuidoras de dentes de veneno canaliculados, na parte posterior da boca.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FCMMG–2009) O desenho a seguir mostra os 4 diferentes tipos de cobras.

Áglifa

Proteróglifa

Opistóglifa

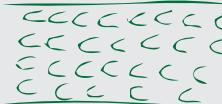
Solenóglifa

A partir desse desenho e de outros conhecimentos, podemos afirmar que a cobra capaz de localizar mais facilmente um pequeno mamífero durante uma atividade de caça noturna é a cobra do tipo

A) proteróglifa.

B) solenóglifa.

C) opistóglifa.

D) áglifa.

02. (Mackenzie-SP) Os répteis são, do ponto de vista evolutivo, considerados como anfíbios que migraram para o ambiente terrestre no qual se adaptaram muito bem. A principal característica verificada nos répteis, que não encontramos nos anfíbios, e que permite àqueles a sobrevivência em ambientes secos, é

A) o desenvolvimento indireto (com larvas resistentes) dos répteis.

B) a independência dos répteis, em relação à água, para a reprodução.

C) a independência dos anfíbios, em relação à água, para a reprodução.

D) a presença de material córneo impermeável recobrindo o corpo dos anfíbios.

E) a ausência de casca protetora contra a dessecação nos ovos dos répteis.

03. (UFES) No Pantanal mato-grossense, os jacarés se aquecem ao Sol, nas margens dos rios, durante o dia, e, como a água esfria mais lentamente que a terra, submergem à noite. Essa estratégia dos crocodilianos está relacionada ao fato de eles

A) excretarem principalmente ureia, composto nitrogenado com baixa toxicidade que necessita de água para ser eliminado.

B) serem ectotérmicos, dependendo de fontes externas de calor para a regulação da temperatura corpórea.

C) dependerem da água para a fecundação e para o desenvolvimento dos ovos.

D) apresentarem o corpo revestido por uma pele grossa, com placas córneas, o que evita a dessecação.

E) não terem, em seus pulmões, superfície suficiente para uma troca gasosa eficiente, necessitando realizar absorção de oxigênio da água do meio circundante, através da mucosa cloacal.

04. (UFMG) Analise o quadro comparativo entre serpentes peçonhentas e não peçonhentas representado a seguir. Todas as alternativas estão corretas quanto à diferenciação dos dois tipos de serpentes, **EXCETO**

		Peçonhentas	Não peçonhentas
A)	**Forma da cabeça**	Triangular, bem destacada do corpo	Oval, mal destacada do corpo
B)	**Revestimento da cabeça**	Escamas pequenas, diferentes das do corpo	Placas poligonais
C)	**Olhos**	Pequenos, com pupila em fenda	Grandes, com pupila circular
D)	**Escamas do corpo**	Alongadas, carenadas e imbricadas	Achatadas, sem carenas e justapostas
E)	**Cauda**	Longa e afilada gradualmente	Curta e afilada bruscamente

05. (PUC Minas) Tendo em vista os seguintes exemplares de cobras:

1. Sucuri
2. Jiboia
3. Cascavel
4. Jararaca
5. Urutu

Em relação a todos eles, são feitas as seguintes afirmações:

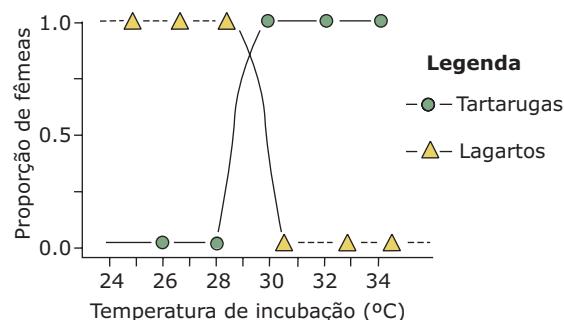
I. São venenosas.

II. Apresentam presas inoculadoras de veneno.

III. São peçonhentas.

IV. Apresentam fossetas loreais.

V. Apresentam pupilas em fenda vertical.

São afirmações **INCORRETAS**

A) I, II e III, apenas.

B) I, III e IV, apenas.

C) II, III e V, apenas.

D) II, III, IV e V, apenas.

E) I, II, III, IV e V.

06. (UNITAU-SP) Por apresentar um sulco anterior nos dentes inoculadores de veneno, que se localizam na região anterior da boca, a coral-verdadeira classifica-se como

A) proteróglifa.

B) solenóglifa .

C) opistóglifa.

D) áglifa.

E) Nenhuma das anteriores.

07. (UFRN) Adaptados ao ambiente terrestre, os insetos e os répteis eliminam, como principal excreta nitrogenada, o ácido úrico, porque este é

A) muito tóxico e pouco solúvel em água.

B) pouco tóxico e muito solúvel em água.

C) muito tóxico e muito solúvel em água.

D) pouco tóxico e pouco solúvel em água.

08. (UFMG) Esta figura se refere à determinação do sexo em algumas espécies de tartarugas e lagartos.

Com base nessa figura, pode-se afirmar que

A) a determinação do sexo nesses animais é independente da localização dos ovos no ninho e da época da postura.

B) a determinação do sexo, sob controle de temperatura, pode ser útil em condições de manejo de espécies em extinção.

C) indivíduos de sexo indeterminado, em tartarugas, são produzidos em temperaturas abaixo de 28 ºC.

D) temperaturas maiores que 28 ºC produzem fêmeas tanto em tartarugas quanto em lagartos.

E) machos são produzidos em baixas temperaturas tanto para tartarugas quanto para lagartos.

09. (UFJF-MG) "Os jabutis (Réptil – Quelônio), no Sudeste do Brasil, são ativos na estação quente e chuvosa, permanecendo praticamente imóveis na estação fria e seca."

A) Que tipo de regulação térmica possuem os jabutis?

B) Considerando a relação existente entre a regulação térmica e o metabolismo, **EXPLIQUE** o comportamento dos jabutis nas diferentes estações climáticas do Sudeste do Brasil.

C) A pele dos répteis é uma superfície adaptada à troca de gases? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

D) Um aspecto curioso do comportamento dos répteis, especialmente de alguns lacertíleos (lagartos e lagartixas), é a autotomia. O que é a autotomia e qual a sua finalidade?

10. (UFC) Os primeiros socorros protegem a vítima contra maiores danos, até a chegada de um profissional de saúde especializado. No caso de picadas de cobras peçonhentas, devemos socorrer a vítima até 30 minutos após a mordida, com as seguintes medidas:

A) Manter a vítima em repouso, fazer a assepsia e, se o local da picada for o braço ou perna, mantê-lo(a) em altura mais elevada.

B) Manter a vítima em movimento, fazer o garroteamento e oferecer um pouco de álcool.

C) Manter a vítima em movimento, fazer a assepsia e oferecer um pouco de querosene.

D) Manter a vítima em repouso, fornecer um pouco de álcool e aplicar a respiração de socorro.

E) Manter a vítima em pé, fazer o garroteamento e cortar a pele para extrair sangue.

11. (Unisinos-RS) Os ofídios podem ser classificados de acordo com as presas que apresentam. Nesse sentido, o termo proteróglifo refere-se à morfologia da presa e significa

A) ausência de presas inoculadoras de veneno, como na sucuri e na jiboia.

B) a ocorrência de dentes longos, recurvados e dotados de canais internos na região anterior da boca, como ocorre na cascavel e na jararaca.

C) a ocorrência de dentes sulcados na região posterior da boca, como ocorre na falsa-coral e na cobra-cipó.

D) a ocorrência de dentes sulcados na região anterior da boca, como ocorre na coral-verdadeira.

E) que não há como definir com precisão a morfologia da presa.

12. (UFV-MG) Os répteis são considerados o primeiro grupo de vertebrados tipicamente terrestres, pois não dependem da água para respiração e reprodução.

Essa independência do ambiente aquático foi possível devido à

A) presença de pele seca com glândulas mucosas e surgimento de ovo com casca e alantoide.

B) presença de pele seca sem glândulas mucosas e surgimento de ovo com casca e âmnio.

C) presença de pele seca sem glândulas mucosas e surgimento da placenta e cório.

D) presença de pele úmida sem glândulas mucosas e surgimento da placenta e alantoide.

E) presença de pele úmida com glândulas mucosas e surgimento de ovo com casca e âmnio.

13. (Unicamp-SP) Em casos de acidentes ofídicos (picadas de cobras), são muito importantes o atendimento hospitalar, de preferência especializado, bem como os primeiros socorros à vítima. Em relação aos primeiros socorros, é frequente um procedimento inconveniente (torniquete) para a maioria dos casos de acidentes ofídicos no Brasil, que são causados por jararaca. **DISCUTA** o prejuízo que existe, no Brasil, decorrente da divulgação do torniquete em filmes sobre vaqueiros e pioneiros do oeste norte-americano, em que há grande riqueza de espécies de cascavéis.

14. (VUNESP) Um menino colocou a mão em um buraco em que havia uma cobra e, apesar de não tê-la tocado, foi picado por ela. Seu pai, um biólogo, mesmo sem ver a cobra, deduziu que ela era peçonhenta e socorreu o filho, tratando-o com soro antiofídico.

A) Que característica desse réptil levou o pai a deduzir que se tratava de cobra peçonhenta?

CITE outra característica morfológica facilmente identificada na maioria dessas cobras.

B) Qual é a substância imunológica presente no soro antiofídico responsável pela inativação do veneno? Como esse soro é produzido?

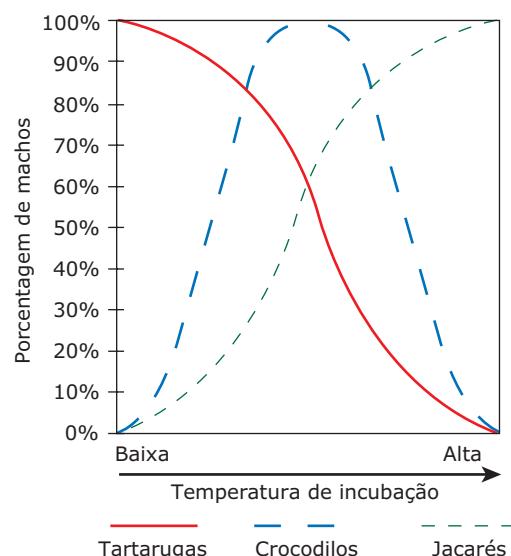
15. (Unicamp-SP) *Muitas espécies de tartarugas marinhas estão ameaçadas de extinção pela ação do homem. As rotas de migração das tartarugas marinhas são bastante estudadas no Brasil pelo projeto Tamar-Ibama, através da colocação de transmissores em seus cascos.*

Disponível em: <http//www.projetotamar.org.br>. (Adaptação).

A) Sabendo-se que as tartarugas migram para colocar os ovos nas praias em que nasceram, **CITE** duas características dos ovos das tartarugas que permitem seu desenvolvimento no ambiente terrestre.

B) Quelônios são répteis encontrados tanto no meio terrestre como no aquático. **CITE** uma diferença morfológica entre os quelônios marinhos e os terrestres.

C) A extinção de espécies pode ocorrer mesmo sem influência da ação humana. **CITE** um processo natural que pode levar à extinção de uma espécie.

16. (UFSCar-SP–2009) Considere as seguintes características:

I. Respiração pulmonar e ectotermia.

II. Pele seca revestida por escamas, carapaças ou placas dérmicas.

III. Fecundação interna.

IV. Excreção predominante de amônia.

V. Presença de ovo amniótico.

As principais características evolutivas que proporcionaram aos répteis vida mais independente do ambiente aquático e a conquista do ambiente terrestre são, apenas,

A) I e II.

B) I e III.

C) II e IV.

D) IV e V.

E) III e V.

SEÇÃO ENEM

01. Em diversas espécies de répteis, não existem cromossomos sexuais e a temperatura de incubação dos ovos é que determina o sexo (macho ou fêmea) dos descendentes. O gráfico a seguir refere-se a essa determinação do sexo em algumas espécies de répteis.

Com base na análise do gráfico e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que

A) o aumento da temperatura na Terra (aquecimento global) pode contribuir para reduzir o tamanho de populações de jacarés e de tartarugas.

B) os crocodilos nascidos após incubação, em temperaturas intermediárias, são hermafroditas.

C) a incubação dos ovos em baixas temperaturas favorece uma maior produção de machos tanto em tartarugas quanto em jacarés.

D) nos jacarés, uma maior produção de fêmeas ocorre quando os ovos são incubados em temperaturas mais elevadas.

E) a determinação do sexo nesses animais independe da localização dos ovos no ninho e da época de postura.

02. (Enem–2005) Em certas localidades ao longo do Rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas fêmeas. Isso de deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

I. Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.

II. Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desparece.

III. Na partenogênese, um número X de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de X indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma

A) apenas em I.
B) apenas em II.
C) apenas em I e III.
D) apenas em II e III.
E) em I, II e III.

GABARITO

Fixação

01. A 02. B 03. B 04. B 05. B

Propostos

01. B
02. B
03. B
04. E
05. E
06. A
07. D
08. B

09. A) Ectotermia.

B) Na estação quente, a temperatura corporal dos jabutis é mais elevada e há aumento de seu metabolismo. Na estação fria, a temperatura corporal é mais baixa, tal como seu metabolismo.

C) Não, porque a pele é seca e recoberta por escamas ou por placas córneas, que não permitem trocas gasosas.

D) Autotomia é a capacidade de autoamputação, ou seja, a perda espontânea da cauda inteira ou de parte dela. Esse mecanismo tem a finalidade de defesa, ou seja, permite a fuga de predadores.

10. A
11. D
12. B

13. O veneno da jararaca é de ação proteolítica, e a concentração do mesmo apenas no membro afetado, pelo uso do torniquete, pode causar graves problemas circulatórios locais, com risco de necrose acentuada (gangrena) dos tecidos. Isso, muitas vezes, torna necessária a amputação do membro afetado.

14. A) As marcas mais profundas deixadas pelos dentes inoculadores de veneno no local da picada. Essas cobras, geralmente, têm cabeça triangular, escamas ásperas, pupilas verticais, fosseta loreal e a cauda afina-se abruptamente.

B) O soro contém anticorpos específicos para combater o veneno da cobra. São produzidos por animais (geralmente cavalos) em institutos especializados. Os animais recebem doses do veneno e passam a produzir os anticorpos que constituirão o soro antiofídico.

15. A) Os ovos de répteis apresentam casca calcária protetora e os anexos embrionários âmnio, alantoide e cório.

B) Os quelônios marinhos (tartarugas marinhas) apresentam apêndices locomotores adaptados para a natação, enquanto os quelônios terrestres (jabutis) têm patas curtas e cilíndricas, não adaptadas à natação.

C) A extinção de uma espécie pode ocorrer devido a fatores bióticos e abióticos. Entre os bióticos, temos a degeneração genética, a incapacidade reprodutiva e as relações ecológicas desarmônicas (competição, predatismo, parasitismo). Entre os abióticos, destacam-se as alterações climáticas desfavoráveis, glaciações secas prolongadas, etc.

16. E

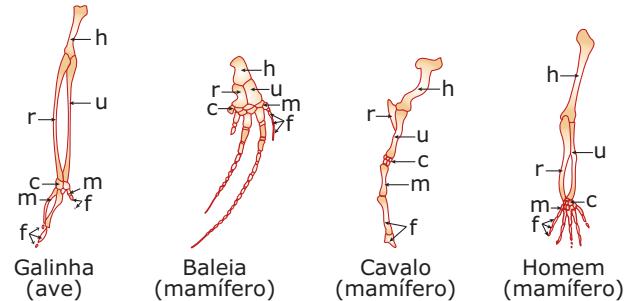
Seção Enem

01. A
02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 13 FRENTE D

Evidências da evolução

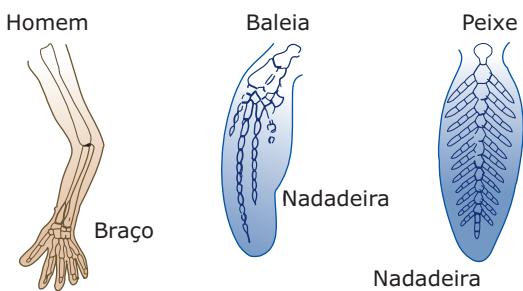
Como explicar o surgimento da grande variedade de espécies de seres vivos existentes em nosso planeta?

Os adeptos do fixismo admitem que todas as espécies, tal como se apresentam hoje, foram criadas por um ato divino. Assim, o número de espécies seria fixo e foi determinado no momento da Criação. Para explicar o desaparecimento de algumas espécies que viveram em épocas passadas e hoje não mais são encontradas, os fixistas recorrem ao catastrofismo, ou seja, de tempos em tempos, o Criador submete o mundo a determinadas catástrofes (dilúvio de Noé, por exemplo), quando algumas espécies são extintas e outras, preservadas.

A Teoria da Evolução, por outro lado, é adepta do transformismo, ou seja, admite que, devido ao surgimento de novas características e / ou desaparecimento de outras, as espécies se modificam com o passar do tempo, adaptando-se a novas condições ambientais, podendo originar novas espécies. O evolucionismo admite que as espécies se transformam com o passar do tempo, e as que atualmente vivem no nosso planeta descendem de espécies ancestrais que viveram em épocas passadas.

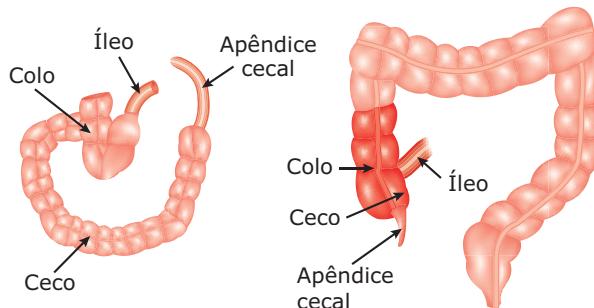
São numerosas as evidências a favor da evolução. Entre elas, destacamos as evidências anatômicas, embriológicas, bioquímicas, paleontológicas e zoogeográficas.

EVIDÊNCIAS ANATÔMICAS

O estudo da anatomia comparada mostra que espécies muito diferentes revelam estruturas com grandes semelhanças, apresentando um mesmo plano básico de organização. É o que acontece, por exemplo, com a estrutura óssea (esqueleto) dos membros anteriores de diferentes vertebrados. A asa de uma ave, a asa de um morcego (mamífero), a nadadeira anterior de um golfinho (mamífero), a nadadeira anterior de uma baleia, a pata anterior de um cavalo e o membro superior (braço) de um homem, ainda que muito diferentes, possuem estruturas ósseas bastante parecidas. Seria isso uma simples coincidência ou uma evidência de que esses animais, todos eles vertebrados, descendem de um ancestral comum, do qual herdaram um plano básico de estrutura corporal?

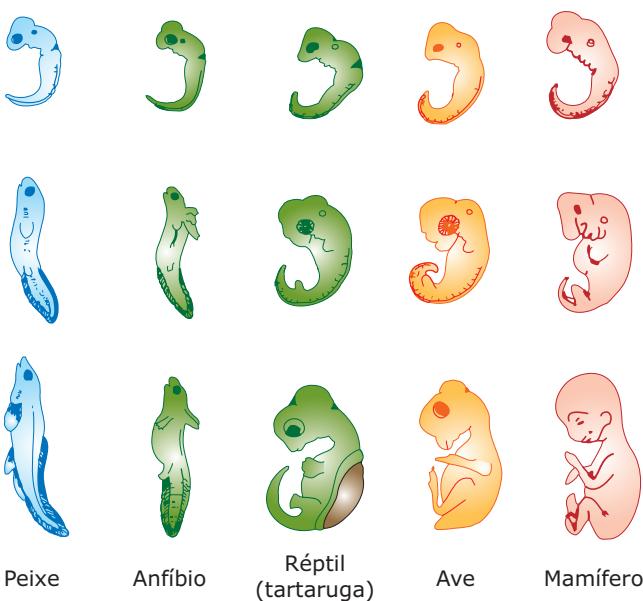
Membros anteriores de alguns vertebrados *– Comparação entre os esqueletos dos membros anteriores de diferentes vertebrados. Observe que todos eles possuem um mesmo plano estrutural. Os ossos estão indicados da seguinte maneira: h = úmero; r = rádio; u = ulna; c = carpos; m = metacarpos; f = falanges.*

A padronização e a semelhança de estruturas anatômicas não se limitam apenas ao esqueleto, estando presentes também na anatomia das vísceras (órgãos internos). Aves e mamíferos, por exemplo, apresentam coração, sistema circulatório, sistema nervoso, entre outros, constituídos das mesmas partes básicas.

Órgãos ou estruturas semelhantes que têm, em diferentes espécies, a mesma origem embrionária são chamados de homólogos. Apesar de terem a mesma origem embrionária, esses órgãos podem ter funções iguais ou diferentes. Por exemplo: a estrutura óssea das asas de um morcego (mamífero) e a das asas de uma ave são estruturas homólogas relacionadas com uma mesma função, enquanto o esqueleto das asas de uma ave e o dos membros superiores (antebraço, braço e mão) do homem são estruturas homólogas que realizam funções distintas.

É importante não confundir órgãos homólogos com órgãos análogos.

Órgãos homólogos (homologia) são aqueles que, em espécies diferentes, podem ter aspecto, nome e função diferentes, mas, internamente, apresentam a mesma estrutura e têm a mesma origem embrionária. Exemplo: o esqueleto das patas dianteiras de um jacaré (réptil), das nadadeiras da baleia (mamífero), das asas de uma ave e dos membros superiores do homem possui os mesmos tipos de ossos e se forma embrionariamente da mesma maneira. Eles são órgãos homólogos entre si e, indiscutivelmente, são mais uma evidência do parentesco existente entre essas diferentes espécies de vertebrados.

Órgãos análogos (analogia) são aqueles que, em espécies diferentes, por mero acaso, têm o mesmo nome e a mesma função, mas possuem estruturas totalmente diferentes, uma vez que se formam embrionariamente por processos diversos. Exemplo: as asas dos insetos e as asas das aves. Ambas servem para voar, porém suas origens embrionárias são totalmente distintas.

O esqueleto do braço do homem e o da nadadeira da baleia são estruturas homólogas, isto é, têm a mesma origem embrionária com o mesmo plano básico de organização estrutural. As nadadeiras das baleias e as dos peixes são órgãos análogos, isto é, apesar de terem a mesma função (servem para nadar), possuem origem embrionária diferente, com uma organização estrutural completamente distinta.

Outra evidência anatômica do processo evolutivo são os chamados órgãos vestigiais. Tais órgãos são pouco desenvolvidos (atrofiados) em determinados grupos, mas muito desenvolvidos e funcionais em outros, revelando a existência de um parentesco evolutivo entre eles ou a presença de uma "linha de montagem" comum na natureza. Na espécie humana, são vários os exemplos de órgãos vestigiais. Entre eles, destaca-se o apêndice vermiforme (apêndice cecal), que é em geral bastante reduzido, mas aparece muito desenvolvido nos herbívoros, abrigando micro-organismos mutualísticos que promovem a digestão da celulose. Tudo indica que os mamíferos atuais, carnívoros e herbívoros, tiveram ancestrais comuns, cuja dieta devia ser baseada em alimentos vegetais, ricos em celulose. Entretanto, no decorrer da evolução, cecos e apêndices deixaram de ser vantajosos para alguns grupos de organismos, nos quais ainda se encontram reduzidos, como vestígios de sua origem.

Comparação entre o ceco do coelho (esquerda) e o do homem (direita) *– Note a diferença de tamanho entre eles; no homem, o apêndice é um órgão vestigial.*

Outros órgãos e estruturas vestigiais encontradas na nossa espécie são: o cóccix, um vestígio da cauda observada em outros vertebrados; a prega semilunar do ângulo interno dos olhos, que constitui um vestígio da membrana nictitante dos anfíbios, répteis e outros animais; os músculos auriculares que movimentam as orelhas (desenvolvidos nos cachorros, por exemplo); e os pelos peitorais.

EVIDÊNCIAS EMBRIOLÓGICAS

O estudo da embriologia comparada mostra que existem certas semelhanças nos estágios mais prematuros do desenvolvimento embrionário de diferentes espécies. Porém, à medida que esse desenvolvimento continua, as diferenças se acentuam cada vez mais. Isso é observado, por exemplo, no desenvolvimento embrionário dos vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Para os evolucionistas, isso sugere que essas espécies tiveram no passado um ancestral comum do qual herdaram um mesmo padrão de desenvolvimento nos estágios iniciais. A embriologia comparada também mostra que essas diferentes espécies de vertebrados, em determinados estágios do desenvolvimento embrionário, possuem certas características em comum que normalmente se tornam ausentes nos indivíduos adultos. É o caso, por exemplo, das fendas branquiais e da notocorda. Isso também evidencia certo grau de parentesco entre elas.

Desenvolvimento embrionário dos vertebrados *– Embriões de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos possuem fendas branquiais, cauda e notocorda, pelo menos em determinadas fases do desenvolvimento embrionário. Essas semelhanças, notadamente nos primeiros estágios do desenvolvimento, sugerem uma ancestralidade comum.*

O estudo comparado do desenvolvimento embrionário também mostra que espécies muito diferentes, quando adultas, possuem estágios larvais (larvas) muito semelhantes. É o caso, por exemplo, da craca (crustáceo aquático que, quando adulto, vive preso a rochas, casco de barcos e outras superfícies) e dos camarões. Embora, quando adultos, sejam bem diferentes, suas larvas móveis são muito semelhantes, o que também sugere um grau de parentesco entre esses animais.

EVIDÊNCIAS BIOQUÍMICAS

Certas substâncias são fabricadas igualmente por células de diferentes espécies. Assim, várias enzimas digestivas produzidas pelo organismo humano também são encontradas em outras espécies de animais. A tripsina, por exemplo, ocorre em numerosos animais. Outro exemplo é a amilase, enzima produzida por células de quase todos os invertebrados e vertebrados.

As semelhanças bioquímicas também testemunham a favor de um laço de parentesco entre espécies distintas, uma vez que quanto mais próximas estiverem as espécies na sequência evolutiva, menores serão as diferenças bioquímicas entre suas substâncias. Veja no exemplo a seguir a comparação do número de diferenças nos aminoácidos das cadeias polipeptídicas da hemoglobina entre o homem e outros mamíferos.

Entre o homem e o chimpanzé..............................0

Entre o homem e o gorila....................................2

Entre o homem e o macaco *Rhesus*.......................12

Entre o homem e o cavalo..................................43

Diferenças nos aminoácidos da hemoglobina *– Considerando as semelhanças bioquímicas entre os animais relacionados anteriormente, o chimpanzé é o parente mais próximo do homem, e o cavalo, o mais distante.*

Pares de espécie	Porcentagem de diferença
Homem – Chimpanzé	2,5%
Homem – Gibão	5,1%
Homem – Macaco do Velho Mundo	9,0%
Homem – Macaco do Novo Mundo	15,8%
Homem – Lêmur	42,0%

Diferenças na sequência de nucleotídios entre DNA humano e de outros primatas *– Determinação da semelhança genética entre primatas através da técnica de hibridização do DNA. A proporção de DNA híbrido reflete o grau de semelhança entre as espécies.*

Os resultados da análise bioquímica têm confirmado as estimativas de parentescos entre espécies obtidas por meio do estudo de fósseis e da anatomia comparada. Isso reforça ainda mais a teoria de que as espécies atuais resultam da evolução de espécies que viveram no passado, estando todos os seres vivos relacionados por graus de parentescos mais ou menos distantes.

EVIDÊNCIAS PALEONTOLÓGICAS

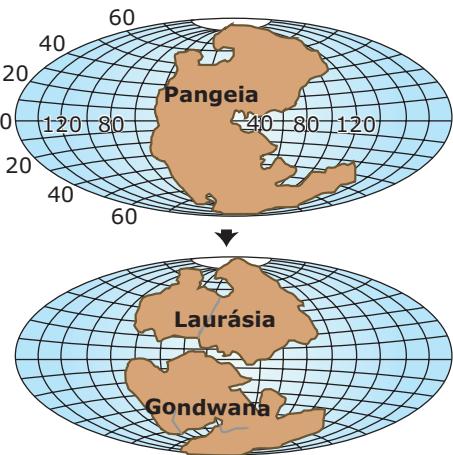
Essas evidências estão representadas pelos fósseis. Um fóssil (do latim *fossile,* extraído da terra) é qualquer resto ou vestígio de um ser vivo que habitou o nosso planeta em tempos remotos. Pode ser um pedaço de tronco de árvore, uma concha de molusco, um osso, um dente e mesmo uma simples pegada. Os fósseis constituem uma prova evidente de que nosso planeta já foi habitado por seres diferentes dos atuais.

O estudo dos fósseis denomina-se paleontologia (*paleo,* antigo; *onto,* ser; *logo,* estudo) e fornece dados importantes sobre a filogenia das espécies, isto é, a história evolutiva das espécies.

Os tipos de fósseis encontrados em determinada camada de solo refletem a flora e a fauna existentes no local, por ocasião da formação das rochas. Assim, a análise dos fósseis encontrados em camadas sucessivas de rochas sedimentares permite deduzir a sequência das formas de vida que viveram em determinado local.

Um fóssil se forma quando os restos mortais de um organismo ficam salvos tanto da ação dos agentes decompositores, como das intempéries naturais (vento, Sol contínuo, chuva, etc.). Dependendo da acidez e dos minerais presentes no sedimento, podem ocorrer diferentes processos de fossilização. A permineralização, por exemplo, é o preenchimento dos poros microscópicos do corpo de um ser por minerais. Já a substituição consiste na lenta troca das substâncias orgânicas do cadáver por minerais duros, como a sílica, transformando-o em pedra. As condições mais favoráveis à fossilização ocorrem quando o corpo ou parte de um animal ou de uma planta são sepultados no fundo de um lago e, rapidamente, coberto por sedimentos.

Embora as partes duras e mineralizadas (ossos, conchas, etc.) tenham mais facilidade de formar fósseis, existem alguns casos raros em que ocorre a fossilização de um organismo inteiro, com a carne, a pele, órgãos internos e esqueleto. Isso ocorreu, por exemplo, com mamutes (ancestrais dos elefantes), que permaneceram soterrados nas geleiras da Sibéria, e com insetos, que fossilizaram presos na resina de pinheiros.

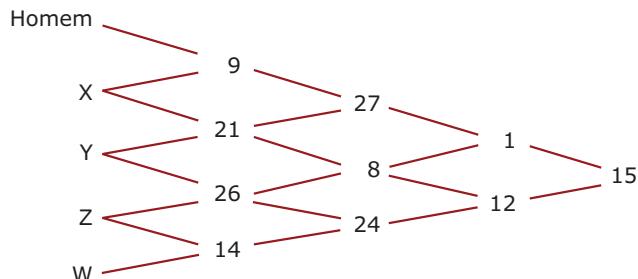
A idade de um fóssil pode ser estimada por meio da medição de elementos radioativos presentes nele ou na rocha em que o mesmo se encontra. Essa idade é calculada levando-se em consideração a transformação dos elementos radioativos, que

funcionam como verdadeiros “relógios” naturais. Os isótopos radioativos decaem de forma regular em sucessivos períodos de tempo. Durante cada um desses intervalos de tempo, uma parte do material permanece radioativa, enquanto uma parte igual decai, transformando-se em outro elemento ou em um isótopo estável do mesmo elemento. Por exemplo, em 14,3 dias, metade de uma quantidade de fósforo-32 (^{32}P) transforma-se no seu isótopo estável, o fósforo-31 (^{31}P). Durante os próximos 14,3 dias, metade da quantidade remanescente de ^{32}P transformar-se-á em ^{31}P, restando apenas um quarto da quantidade original de ^{32}P e, assim, sucessivamente. O intervalo de tempo que um isótopo radioativo leva para reduzir sua radioatividade à metade é chamado de meia-vida. Assim, a meia-vida do ^{32}P é de 14,3 dias.

O estudo dos fósseis permite deduzir o tamanho e a forma dos organismos que os originaram, possibilitando a reconstrução de uma imagem, possivelmente parecida, dos animais e vegetais, quando estes eram vivos.

O estudo comparado de numerosos fósseis diferentes, porém todos eles de uma mesma linha evolutiva, constitui o que se chama ortogênese.

EVIDÊNCIAS ZOOGEOGRÁFICAS

A observação científica comprovou que as faunas dos continentes do Hemisfério Norte (América do Norte, Europa e Ásia) são profundamente semelhantes entre si, enquanto as faunas das terras do Hemisfério Sul (América do Sul, África e Oceania) são flagrantemente diferentes umas das outras. No primeiro caso, estão os ursos, os cervídeos, as raposas, os castores, os lobos, etc., distribuídos pelos três continentes do Hemisfério Norte. Já no segundo caso, a fauna da América do Sul (onças, pequenos macacos, tatu, preguiça, tamanduá e uma grande variedade de pássaros), a fauna da África (leões, rinocerontes, zebras, girafas, elefantes, gorilas, etc.) e a fauna da Oceania (canguru, quivi, ornitorrinco, etc.) revelam profundas diferenças. Por que essa diferenciação?

A fragmentação da Pangeia (segundo Wegener) *– Segundo pesquisas geológicas, todos os continentes da Terra estiveram, há milhões de anos, fundidos em um só, que Alfred Wegener chamou de Pangeia. Há, talvez, 200 milhões de anos, a Pangeia se fragmentou em blocos, que passaram a deslizar sobre a imensa massa de material pastoso e incandescente que fica abaixo da crosta terrestre. O fragmento superior constituiu a Laurásia, que veio a se tornar a América do Norte, a Europa e a Ásia. O fragmento inferior, a Gondwana, voltou a se fragmentar, dando origem à América do Sul, à África, à Oceania e à Antártida. Essa teoria é conhecida como a Teoria da Deriva Continental ou do Deslizamento Continental.*

Desde que começou a Deriva Continental, as terras do Hemisfério Sul passaram a ficar separadas por largos oceanos. Assim, a fauna de cada um dos continentes sulinos, em função do isolamento geográfico, foi sofrendo diversificação e se tornando acentuadamente distinta das demais. No decorrer de 200 milhões de anos, os animais se tornaram profundamente diferentes. Já no Norte, sucedeu que a América do Norte acabou se encontrando com a Ásia e, entre ambas, permaneceu por longo tempo um istmo, que serviu de ponte pela qual passavam os animais de um continente a outro. Como a Europa sempre fez continuidade continental com a Ásia, resultou, então, que as mesmas espécies podiam migrar da Europa para a Ásia e desta para a América do Norte, e vice-versa. O isolamento entre os animais desses três continentes só veio ocorrer muito recentemente, quando, há cerca de 20 mil anos, submergiu o istmo que ligava o Alasca à Sibéria, surgindo o Estreito de Behring. Assim, a fauna da América do Norte ficou isolada da fauna asiática.

Comparando-se o tempo de isolamento geográfico entre as terras do Sul (há 200 milhões de anos) e o isolamento entre as terras do Norte (cerca de 20 mil anos), encontramos uma provável explicação para a grande diversidade entre os animais do Sul e para a pouca diversidade entre os animais do Norte.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Verificou-se que, quando uma proteína é encontrada em muitos tipos diferentes de seres vivos, as diferenças na composição de aminoácidos dessa proteína são tanto menores quanto mais próximos evolutivamente são os seres comparados e vice-versa.

No esquema a seguir, além do homem, estão representados pelas letras X, Y, Z e W outra espécie do grupo dos primatas, um mamífero não primata, um réptil e um artrópodo (não há correspondência entre a ordem das letras e a de citação desses animais). Os valores colocados nos cruzamentos das linhas são os números de aminoácidos diferentes no citocromo C dos indivíduos dos quais elas se originam.

As letras X, Y, Z e W correspondem, respectivamente, aos indivíduos

A) macaco, mosca, coelho, tartaruga.

B) tartaruga, mosca, macaco, coelho.

C) mosca, tartaruga, coelho, macaco.

D) coelho, mosca, macaco, tartaruga.

E) mosca, macaco, tartaruga, coelho.

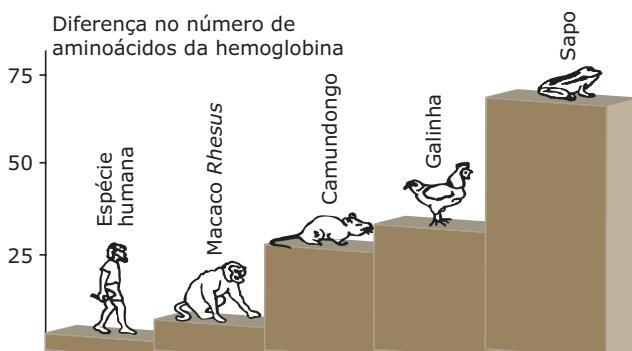
02. (Unifor-CE) Em relação ao estudo da evolução, considere as afirmativas a seguir:

I. A evolução só pode ser estudada através dos fósseis.

II. A comparação de estruturas homólogas contribui para o entendimento da evolução.

III. É importante conhecer a distribuição geográfica dos organismos atuais e dos extintos.

IV. A genética não é importante para estudos evolutivos.

Estão **CORRETAS** somente

A) I, II e III.

B) II, III e IV.

C) I e IV.

D) II e III.

E) III e IV.

03. (PUC Minas) São análogos os órgãos que desempenham a mesma função, embora não possuam a mesma estrutura. Assim, são considerados órgãos análogos

A) asas das aves e asas dos morcegos.

B) nadadeiras da foca e patas do cavalo.

C) asas das aves e asas dos insetos.

D) nadadeiras das baleias e nadadeiras dos botos.

E) asas dos morcegos e membros superiores do homem.

04. (FCMMG)

O gráfico apresentado nos mostra as diferenças observadas entre a hemoglobina humana e a hemoglobina de outros animais, no que se refere à sua composição em aminoácidos.

Essas diferenças refletem a

A) eficiência dos diferentes tipos de hemoglobina.

B) distância evolutiva entre os grupos considerados.

C) forma de respiração desenvolvida por cada grupo em questão.

D) inexistência de correlação entre o tipo de hemoglobina e o tipo de animal.

E) proporcionalidade entre o tamanho da molécula e o tamanho do organismo considerado.

05. (UNEB-BA) No estudo da evolução animal, é frequente o uso dos termos análogos e homólogos. Sobre eles, é **CORRETA** a seguinte afirmação:

A) São análogas estruturas de mesma função, mas de diferente origem.

B) São análogas estruturas de mesma origem, mas de diferente função.

C) São homólogas apenas estruturas de mesma função e de mesma origem.

D) São homólogas estruturas de mesma função, mas de diferente origem.

E) Toda estrutura homóloga é análoga, mas nem toda estrutura análoga é homóloga.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRGS) A presença de estruturas vestigiais em uma espécie indica que ela

A) encontra-se em vias de desaparecimento, descendendo de espécie em que aquelas estruturas são normalmente desenvolvidas.

B) é antecessora de espécie em que aquelas estruturas se desenvolvem ou se desenvolverão.

C) vem mudando de hábito, tornando desnecessárias aquelas estruturas, que tendem a desaparecer.

D) migrou de seu ambiente original, tornando involuídas aquelas estruturas.

E) descende, com outras espécies que têm aquelas estruturas desenvolvidas, de um ancestral comum.

02. (Cesgranrio) Quanto aos órgãos análogos, podemos afirmar que

A) podem ser exemplificados pelas nadadeiras peitorais da baleia e pelo braço humano, apesar do seu aspecto diverso.

B) são perfeitamente exemplificados pelas asas da borboleta e do passarinho.

C) são uma prova bioquímica da evolução.

D) são uma prova embriológica da evolução.

E) possuem a mesma formação embriológica.

03. (UFC) Suponha que paleontólogos descobriram um fóssil no Brasil que pertencia a uma mesma espécie encontrada na África. A explicação para esse fato está no(a)

A) deriva continental.
B) mutação.
C) isolamento geográfico.
D) desertificação.
E) especiação.

04. (UFES) Com relação à evolução, observe as afirmativas a seguir:

I. Fósseis são restos ou impressões deixadas por seres que habitaram a Terra no passado e constituem provas de que nosso planeta foi habitado por seres diferentes dos que existem atualmente.

II. A explicação mais lógica para as semelhanças estruturais entre seres vivos com aspectos e modos de vida diferentes é que eles descendem de um mesmo ancestral.

III. A semelhança entre as proteínas de diferentes seres vivos pode ser explicada admitindo-se que esses seres tenham tido um ancestral comum.

IV. A teoria que admite que as espécies não se alteram no decorrer dos tempos denomina-se fixismo.

Assinale,

A) se apenas I, II e III estiverem corretas.
B) se apenas II, III e IV estiverem corretas.
C) se apenas I, III e IV estiverem corretas.
D) se todas estiverem corretas.
E) se todas estiverem incorretas.

05. (Cesgranrio) Com referência à analogia que se verifica entre certas estruturas orgânicas, tais como a asa de um inseto e a de uma ave, podemos afirmar que essa analogia

A) indica claramente relações evolutivas entre os dois seres, consequentes de adaptações às mesmas condições ambientais.
B) indica relações evolutivas entre os dois seres, porém não resultantes de influência ambiental.
C) não indica relações evolutivas entre os dois seres nem é resultante de condições ambientais semelhantes.
D) não indica relações evolutivas. São estruturas que evoluíram independentemente e resultaram de adaptações funcionais às mesmas condições ambientais.
E) indica relações evolutivas, consequentes de um mesmo conteúdo gênico.

06. (UFSCar-SP) Assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Os ossos dos membros anteriores do morcego formam órgãos homólogos às asas dos insetos, por servirem à locomoção no meio aéreo.
B) Não podemos estabelecer homologia entre asas de aves e asas de mamíferos.
C) A existência de órgãos vestigiais demonstra que muitos órgãos estão em franco processo de evolução para formas mais desenvolvidas.
D) Por servirem à locomoção no meio aquático, os membros anteriores da baleia e as nadadeiras dos peixes são órgãos análogos, embora não homólogos.
E) Todas as alternativas estão corretas.

07. (UFJF-MG) Em relação às evidências da evolução biológica, é **CORRETO** afirmar que

A) um órgão vestigial, como o apêndice vermiforme no homem, não é evidência da evolução, porque é uma estrutura atrofiada e sem função aparente.
B) a pata dianteira de um cavalo e a asa de um morcego constituem evidência da evolução, porque são estruturas homólogas, apesar de o cavalo ter perdido os dedos, enquanto, no morcego, estes não só foram mantidos como alongados.
C) a asa de uma ave e o élitro (asa dura) de um besouro podem ser considerados como evidência da evolução, porque são estruturas análogas, que possuem origem embriológica diferente.
D) os fósseis constituem uma evidência da evolução, porque mostram que os organismos atuais são mais especializados e mais adaptados que os extintos.

08. (UNIRIO-RJ) Observe e analise a tabela a seguir:

Organismos	Tipos de enzimas respiratórias			
	1	2	3	4
A	X		X	
B				X
C	X	X	X	X
D	X		X	X
X = enzimas presentes no organismo				

Com base nesses dados, podemos inferir que os dois organismos **MAIS** aparentados do ponto de vista evolutivo são

A) A e B.
B) A e C.
C) B e C.
D) B e D.
E) C e D.

09. (Mackenzie-SP) O estudo dos órgãos homólogos em animais revela aspectos importantes sobre a evolução dos seres vivos. Assinale a alternativa que apresenta **APENAS** órgãos considerados homólogos.

A) Nadadeira de baleia; nadadeira de peixe; asa de ave; asa de inseto.
B) Nadadeira de baleia; nadadeira de peixe; asa de morcego; asa de inseto.
C) Asa de morcego; asa de ave; nadadeira de baleia; nadadeira de peixe.
D) Pata de cavalo; braço humano; nadadeira de baleia; asa de ave.
E) Braço humano; asa de ave; asa de morcego; asa de inseto.

10. (UEL-PR–2011) Atletas utilizam seus membros anteriores para a realização de lançamentos. As figuras 16, 17 e 18 representam membros anteriores de diferentes espécies animais.

Figura 16: Braço humano

Figura 17: Asa de ave

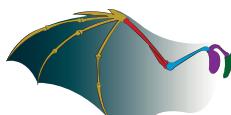



Figura 18: Asa de morcego

De acordo com as figuras e os conhecimentos sobre características evolutivas dos animais, considere as afirmativas a seguir:

I. Por terem funções distintas, os membros anteriores de humanos e de aves apresentam esqueletos com estrutura diferente.

II. Os membros anteriores de morcegos e de humanos são estruturas que surgiram de forma independente, com origem embrionária diferente.

III. As estruturas ósseas das asas de morcegos e de aves são homólogas, pois são derivadas de um ancestral comum.

IV. No processo de adaptação para o voo, asas de aves e de morcegos evoluíram independentemente, fenômeno conhecido como evolução convergente.

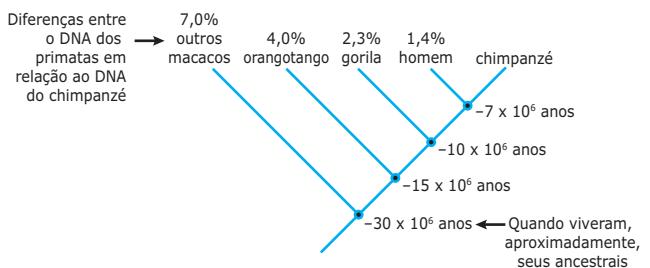
Assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Somente as afirmativas I e II são corretas.

B) Somente as afirmativas II e IV são corretas.

C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

D) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.

E) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

11. (Unicamp-SP) O desenvolvimento de estruturas análogas ocorreu em diversos grupos de animais, independentemente. **APRESENTE** um exemplo de estrutura que ocorre em vertebrados e que pode ser considerada análoga à de algum invertebrado.

12. (UNIRIO-RJ) O citocromo C é uma proteína respiratória que se encontra em todos os organismos aeróbios. A molécula dessa proteína existe em todas as espécies com a mesma função, sendo constituída de 104 aminoácidos.

No decurso da evolução, as mutações mudaram os aminoácidos em certas posições da proteína, mas o citocromo C de todas as espécies tem incontestavelmente estrutura e função semelhantes, tornando-se, para o evolucionismo, uma evidência de ordem

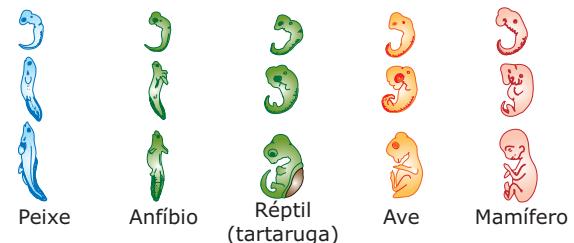
A) paleontológica.

B) embriológica.

C) citológica.

D) anatômica.

E) bioquímica.

13. (UERJ–2010) Técnicas de hibridização ou de determinação da sequência de bases do DNA permitem estimar o grau de parentesco entre espécies de seres vivos. O resumo da árvore evolutiva, esquematizado a seguir, apresenta resultados de pesquisas realizadas com primatas utilizando essas técnicas:

Entre os primatas citados, **RELACIONE**, na ordem crescente de semelhança ao genótipo do chimpanzé, os que tiveram um ancestral que viveu há cerca de 10 milhões de anos. **INDIQUE**, ainda, o percentual de semelhança.

14. (PUC-SP) A análise bioquímica comparativa de uma mesma proteína encontrada entre as espécies cavalo, chimpanzé e homem revelou que a molécula é constituída de 100 aminoácidos, dispostos da mesma maneira ou ordem no homem e no chimpanzé, enquanto, no cavalo, difere em 10 dos 100 aminoácidos encontrados.

Considerando que o DNA determina a síntese de proteínas na célula através do RNA mensageiro, como você explicaria a

A) semelhança entre essa proteína no homem e no chimpanzé?

B) diferença entre essa proteína do cavalo, quando comparada com à do homem e à do chimpanzé?

15. (UFPI) A figura a seguir mostra o desenvolvimento embrionário de diferentes vertebrados.

Observando-a com atenção, pode-se concluir **CORRETAMENTE** que

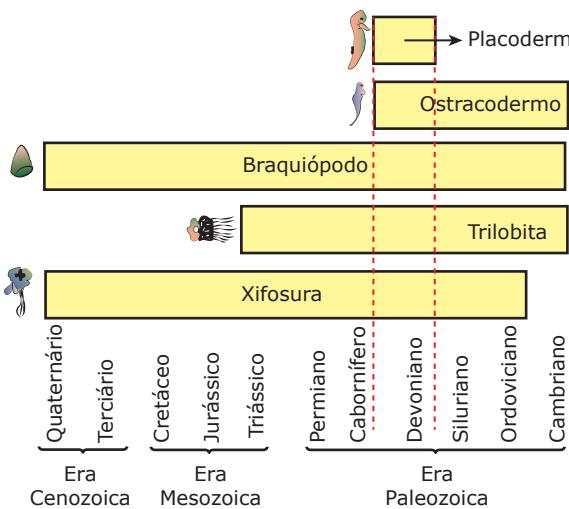
A) existe uma grande semelhança no desenvolvimento embrionário dos diferentes animais, sobretudo nos primeiros estágios.

B) a presença de cauda é uma característica comum nos estágios finais do desenvolvimento dos diferentes animais.

C) os estágios jovens do desenvolvimento embrionário de um animal são bastante diferentes dos estágios jovens do desenvolvimento embrionário de seus ancestrais.

D) uma ancestralidade comum não pode ser evidenciada através da observação do desenvolvimento embrionário.

E) quanto mais diferentes são os organismos, maior a semelhança embrionária entre eles.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2000)

No mapa, é apresentada a distribuição geográfica de aves de grande porte e que não voam. Há evidências mostrando que essas aves, que podem ser originárias de um mesmo ancestral, sejam, portanto, parentes. Considerando que, de fato, tal parentesco ocorra, uma explicação possível para a separação geográfica dessas aves, como mostrada no mapa, poderia ser:

A) A grande atividade vulcânica, ocorrida há milhões de anos, eliminou essas aves do Hemisfério Norte.
B) Na origem da vida, essas aves eram capazes de voar, o que permitiu que atravessassem as águas oceânicas, ocupando vários continentes.
C) O ser humano, em seus deslocamentos, transportou essas aves, assim que elas surgiram na Terra, distribuindo-as pelos diferentes continentes.
D) O afastamento das massas continentais, formadas pela ruptura de um continente único, dispersou essas aves que habitavam ambientes adjacentes.
E) A existência de períodos glaciais muito rigorosos, no Hemisfério Norte, provocou um gradativo deslocamento dessas aves para o Sul, mais quente.

02. (Enem–2005) Uma expedição de paleontólogos descobre, em um determinado extrato geológico marinho, uma nova espécie de animal fossilizado. No mesmo extrato foram encontrados artrópodes xifosuras e trilobitas, braquiópodos e peixes ostracodermos e placodermos.

O esquema a seguir representa os períodos geológicos em que esses grupos viveram.

Observando esse esquema, os paleontólogos concluíram que o período geológico em que haviam encontrado essa nova espécie era o Devoniano, tendo ela uma idade estimada entre 405 milhões e 345 milhões de anos.

Destes cinco grupos de animais que estavam associados à nova espécie, aquele que foi determinante para a definição do período geológico em que ela foi encontrada é

A) xifosura, grupo muito antigo, associado a outros animais.
B) trilobita, grupo típico da Era Paleozoica.
C) braquiópodo, grupo de maior distribuição geológica.
D) ostracodermo, grupo de peixes que só aparece até o Devoniano.
E) placodermo, grupo que só existiu no Devoniano.

GABARITO

Fixação

01. D 02. D 03. C 04. B 05. A

Propostos

01. E 03. A 05. D 07. B 09. D

02. B 04. D 06. D 08. E 10. C

11. As asas de um morcego (ou as asas de uma ave) e as asas de um inseto (borboleta, por exemplo) são estruturas análogas, por exercerem as mesmas funções; porém, têm origem embrionária e estruturas internas completamente diferentes.

12. E

13. 1º) Gorila: 97,7%
 2º) Homem: 98,6%

14. A) A semelhança entre a proteína no ser humano e no chimpanzé revela semelhanças genéticas entre as espécies, decorrentes do fato de terem surgido de ancestrais comuns e de sua diferenciação ter ocorrido em uma época relativamente recente. No RNA-m para a referida proteína, tanto no homem quanto no chimpanzé, existe a mesma informação genética a respeito de sua estrutura primária.
 B) A semelhança proteica entre cavalos, chimpanzés e seres humanos revela ancestralidade comum; porém, a diferenciação dos cavalos ocorreu em período anterior à de homens e chimpanzés, o que se constata pela diferença de 10 aminoácidos entre suas proteínas. Assim, a informação contida no RNA-m do cavalo a respeito da estrutura primária da proteína difere em 10 aminoácidos em relação ao homem e ao chimpanzé.

15. A

Seção Enem

01. D 02. E

BIOLOGIA

MÓDULO 14 FRENTE D

Mecanismos de especiação

Denomina-se especiação o processo de formação de nova(s) espécie(s) ocorrido a partir de uma espécie ancestral. Envolve a ocorrência de diferentes eventos, como mutações, diversificação gênica e seleção natural. Pode ser feita com ou sem a ocorrência de isolamento geográfico. Assim, distinguimos dois tipos de especiação: alopátrica (*allo*, diferente; *patris*, lugar de origem) ou simpátrica *(sym,* com).

ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA

Nesse tipo de especiação, também conhecido por especiação geográfica ou ainda cladogênese, as novas espécies se formam quando uma população é dividida (separada) em dois ou mais grupos por uma barreira geográfica, ou seja, quando entre os diferentes grupos se estabelece um isolamento geográfico.

Acredita-se que essa seja a forma predominante de especiação para a maioria dos grupos de organismos. Para que haja esse tipo de especiação, alguns eventos precisam ocorrer em etapas sequenciais. São eles: isolamento geográfico, diversificação gênica e isolamento reprodutivo.

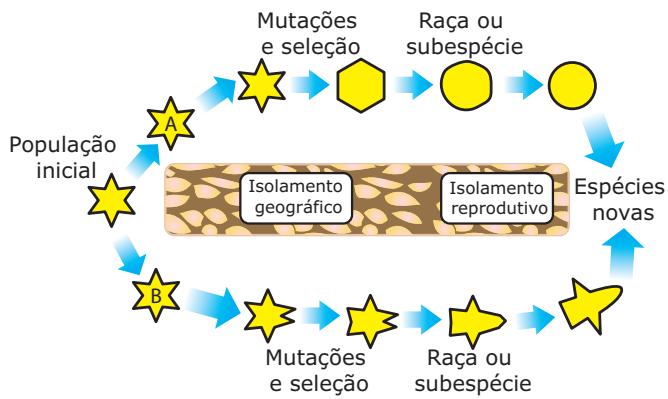
O isolamento geográfico é a separação física de indivíduos de uma população em subpopulações. As barreiras geográficas que isolam ou separam as subpopulações podem ser, por exemplo, um rio que corta uma planície, um vale que separa dois planaltos, um cadeia de montanhas, um braço de mar que separa ilhas e continentes, etc.

A diversificação gênica é a progressiva diferenciação do conjunto gênico das subpopulações isoladas. Ela é causada por dois fatores: mutações, que introduzem genes diferentes em cada uma das subpopulações isoladas, e seleção natural, que, atuando em ambientes distintos, pode preservar conjuntos de genes em uma das subpopulações e eliminar conjuntos similares de outra.

O isolamento reprodutivo resulta da incapacidade, total ou parcial, de membros de duas subpopulações se cruzarem, produzindo descendência fértil. Em geral, depois de um longo período de isolamento geográfico, as subpopulações isoladas se diferenciam tanto que perdem a capacidade de se cruzar e / ou gerar descendentes férteis, tornando-se, assim, reprodutivamente isoladas. A partir do momento em que se estabelece, entre duas subpopulações, o isolamento reprodutivo, elas são consideradas espécies distintas.

Existem diferentes tipos de mecanismos de isolamento reprodutivo que podem ser mecanismos pré-copulatórios (pré-zigóticos) e mecanismos pós-copulatórios (pós-zigóticos).

Mecanismos pré-copulatórios

São aqueles que impedem de alguma forma a realização da cópula entre os indivíduos e, consequentemente, não há a formação do zigoto. Isso pode ocorrer devido ao:

- **Isolamento estacional, sazonal** ou **temporal** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus períodos de reprodução não coincidem. Por exemplo, duas espécies de aves que habitam uma mesma região podem não se cruzar por terem períodos de reprodução em diferentes épocas do ano.
- **Isolamento de hábitat, ecológico** ou **espacial** – Os membros de duas espécies não se cruzam naturalmente pelo fato de viverem em hábitats diferentes.
- **Isolamento etológico** ou **comportamental** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus comportamentos de corte, antes do acasalamento, são diferentes e incompatíveis. Nesse grupo, estão incluídos mecanismos de isolamento graças à incompatibilidade de comportamento baseado na produção e recepção de estímulos que levam machos e fêmeas à cópula. Esses estímulos são específicos para cada espécie. Como exemplo, tem-se os sinais luminosos emitidos por vaga-lumes machos que, de espécie para espécie, variam em frequência, duração da emissão e cor (desde branco, azulado, esverdeado, amarelo, laranja até vermelho). Outro exemplo é o canto das aves: as fêmeas são atraídas para o território dos machos de sua espécie em função do canto, que é específico.
- **Isolamento mecânico** – Os membros de duas espécies não se cruzam por incompatibilidade entre seus órgãos reprodutores. Isso pode acontecer tanto em animais, em que a diferença de tamanho ou forma dos órgãos genitais impede a cópula, como em plantas, em que o tubo polínico não consegue germinar no estigma de uma flor de outra espécie.

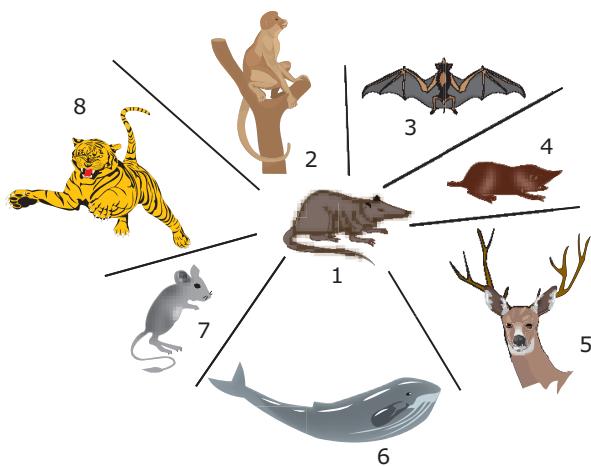
Mecanismos pós-copulatórios

São aqueles que atuam depois de o zigoto ter se formado. Isso pode ocorrer devido à:

- **Inviabilidade do híbrido** – Os membros de duas espécies podem copular, e o zigoto se forma, mas morre prematuramente devido à incompatibilidade entre os genes dos dois gametas que participaram de sua formação.

- **Esterilidade do híbrido** – O híbrido entre duas espécies se forma, sendo muitas vezes até mais vigoroso que os membros das espécies parentais, mas é estéril. A esterilidade ocorre porque as gônadas (glândulas sexuais) se desenvolvem anormalmente ou porque a meiose é anormal.

- **Deterioração da geração F_2** – A primeira geração de híbridos entre duas espécies (F_1) é normal e fértil, mas seus filhos, a geração F_2, são indivíduos estéreis. Isso se deve à recombinação gênica incompatível, que ocorre na formação dos gametas que originam a geração F_2.

O esquema a seguir mostra as diferentes etapas para a ocorrência de especiação, quando uma população é separada por uma barreira geográfica:

Especiação geográfica *– Imaginemos uma população estabelecida em um determinado ambiente. Suponhamos, agora, que um grupo de indivíduos dessa população migre para uma outra área e perca totalmente o contato com a população original. Dessa maneira, estabelece-se entre os dois grupos um isolamento geográfico. Ficam, então, duas populações A e B, ainda pertencentes a uma mesma espécie, porém instaladas em áreas diferentes. Nessa situação, tais populações podem sofrer, ao longo dos anos, mutações diferenciais, e a seleção natural se processará de maneira a ajustar cada uma das populações às condições existentes em cada ambiente. Assim, a ação conjunta das mutações e da seleção natural diferencial vai selecionando, em cada grupo, genes favoráveis ou adaptativos de acordo com o meio em que se encontram. Isso significa que o* pool *gênico, isto é, o conjunto de genes original vai se alterando de maneira a estabelecer certas diferenças genéticas entre os indivíduos das populações A e B. A acentuação dessas diferenças leva à formação de raças ou subespécies. Nesse estágio, entretanto, se indivíduos da raça A entrarem em contato com indivíduos da raça B, ainda serão capazes de se cruzarem e originar descendentes férteis, o que significa que a raça A e a raça B continuam sendo integrantes de uma mesma espécie. Se, entretanto, o isolamento geográfico persistir, as diferenças genéticas irão se acentuando cada vez mais, até se estabelecer uma incompatibilidade reprodutiva (isolamento reprodutivo) entre as duas populações. Nesse caso, A e B não mais serão capazes de se cruzarem entre si, originando descendentes férteis, e, assim, passam a constituir espécies distintas.*

Podemos resumir a especiação alopátrica (especiação geográfica) da seguinte maneira:

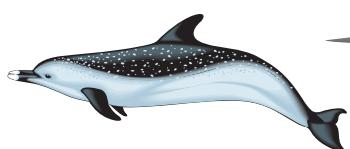
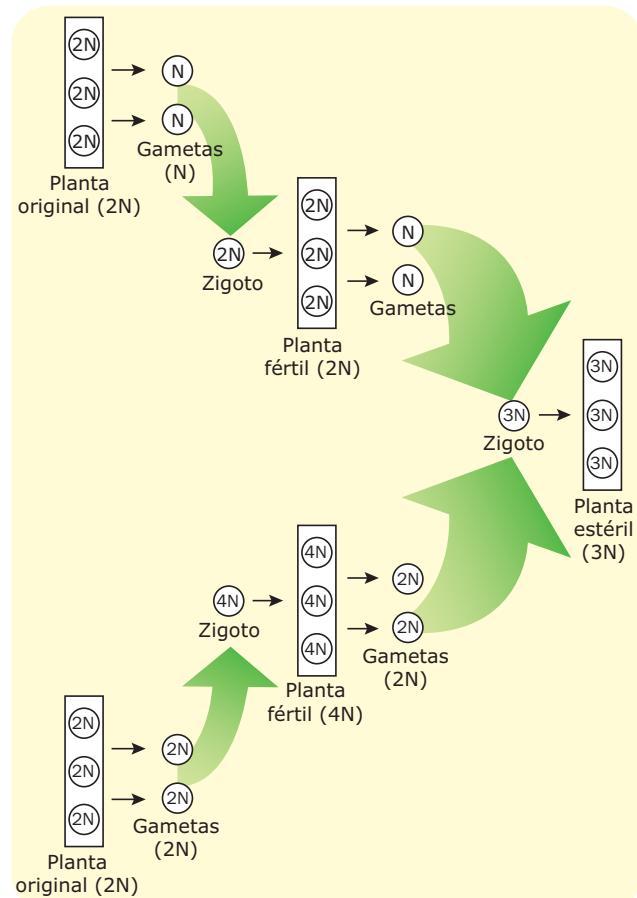
A) A condição inicial para o mecanismo da especiação é o estabelecimento de um isolamento geográfico. Em outras palavras: grupos de indivíduos de uma mesma espécie são separados por alguma barreira física, como uma massa de água (rios, mares), cordilheira, vales, etc. O isolamento geográfico pode ocorrer, por exemplo, quando um grupo migra para outras regiões em busca de melhores condições de vida, ou quando sementes de plantas são transportadas para longe da população original pelo vento ou por animais.

B) As populações geograficamente isoladas passam por mutações e seleções naturais diferenciadas, fato que provoca a alteração dos seus conjuntos gênicos, de maneira a originar raças ou subespécies.

C) A manutenção do isolamento geográfico pode aumentar as diferenças genéticas entre as raças, que passam a exibir um isolamento reprodutivo. Ocorre, então, a formação de espécies novas.

Fala-se em irradiação adaptativa quando diferentes espécies, adaptadas a condições ambientais diferentes, tiveram a origem a partir de uma população ancestral comum, por processos de especiação geográfica.

Irradiação adaptativa *– Em milhões de anos de evolução, a partir de mamíferos primitivos **(1)**, surgiram, por irradiação adaptativa, diferentes tipos de mamíferos: **(2)** arborícolas (macacos), **(3)** voadores (morcegos), **(4)** cavadores de buracos (toupeiras), **(5)** herbívoros corredores (veados), **(6)** aquáticos (baleia), **(7)** resistentes ao clima do deserto (rato-canguru), **(8)** carnívoros ferozes (tigre) e muitos outros tipos.*

Ao contrário da irradiação adaptativa, pela qual os seres vivos vão ficando cada vez mais diferentes entre si, originando novas espécies, observamos que, na convergência evolutiva ou adaptação convergente, seres de espécies totalmente diferentes podem evoluir no sentido da aquisição de adaptações semelhantes para a vida num mesmo meio. Assim, acabam surgindo espécies diferentes com caracteres comuns, às vezes com acentuadas semelhanças. Veja o exemplo a seguir:

Adaptação convergente *– As mesmas mutações que ocorreram nos ancestrais do tubarão (peixe), do ictiossauro (réptil já extinto) e do golfinho (mamífero), tornando-os mais adaptados ao hábitat aquático, como o corpo fusiforme e o aparecimento de nadadeiras, fizeram com que tais animais de grupos tão diferentes assumissem entre si a enorme semelhança física, que se pode ver pela figura. Esse fenômeno é a convergência evolutiva.*

ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

Esse tipo de especiação, também conhecido por anagênese, não exige isolamento geográfico. Um bom exemplo desssa especiação ocorre em plantas pela formação de indivíduos poliploides (poliploidia), conforme mostra o esquema a seguir:

Poliploidia *– A poliploidia pode ocorrer quando, acidentalmente, em uma planta normal diploide (2n), em vez de se formar em gametas haploides (n), produzem-se gametas diploides (2n). A união de dois gametas diploides (2n) resulta na formação de um indivíduo tetraploide (4n). Essa planta tetraploide, por sua vez, produz gametas diploides (2n). Se um gameta diploide (2n) fecundar um gameta haploide (n) de uma planta normal, o resultado será a formação de uma planta triploide (3n) estéril, ou seja, uma planta que não produz gametas. Por outro lado, se na fecundação houver a união de dois gametas diploides (2n), a planta tetraploide (4n) resultante será fértil, ou seja, produzirá gametas diploides (2n). Veja que entre a planta tetraploide (4n) e a planta original diploide (2n) se estabelece um isolamento reprodutivo e, dessa forma, constituem duas espécies distintas. A poliploidia pode criar novas espécies muito mais facilmente em plantas do que entre os animais, porque as plantas de várias espécies podem se reproduzir por autofecundação.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFC) A evolução biológica é o processo através do qual ocorrem as transformações nos seres vivos e é entendida como o conjunto de mudanças cumulativas que ocorrem ao longo do tempo em uma população, relacionando-se com a forma de adaptação ao ambiente.

1. Seleção natural
2. Convergência adaptativa
3. Irradiação adaptativa
4. Especiação
5. Homologia

( ) Formação de novas espécies, que normalmente se inicia com a separação da espécie em duas ou mais populações por uma barreira física de difícil transposição.

( ) O ambiente atua sobre a diversidade intraespecífica e elimina os indivíduos menos adaptados, selecionando os mais adaptados que sobrevivem e se reproduzem.

( ) Semelhança quanto à estrutura entre órgãos de espécies diferentes que têm um ancestral comum, apresentando esses órgãos ainda a mesma origem embrionária.

( ) Um grupo ancestral pode dispersar-se por vários ambientes, como florestas e campos, originando novas espécies que ocupam diferentes hábitats ou nichos ecológicos.

( ) Descendentes de ancestrais diferentes que ocupam o mesmo hábitat, submetendo-se aos mesmos fatores de seleção natural e que, com o tempo, tiveram selecionados aspectos adaptativos semelhantes.

Assinale a alternativa que contém a sequência **CORRETA**.

A) 4, 3, 2, 5, 1
B) 2, 4, 5, 1, 3
C) 4, 1, 5, 3, 2
D) 2, 5, 1, 3, 4
E) 1, 4, 3, 2, 5

02. (UFMS) Na sequência mostrada a seguir, estão relacionados determinados eventos referentes ao processo de especiação biológica.

I. População original.
II. Surgimento de barreira geográfica.
III. Populações que já podem ser consideradas raças distintas.
IV. Populações que já podem ser consideradas espécies distintas.
V. Acúmulo de diferenças genéticas entre populações.
VI. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.

Indique a sequência **CORRETA** que ocorreu na formação de duas espécies novas a partir da população ancestral.

A) I, V, VI, II, III, IV
B) I, VI, V, II, III, IV
C) I, II, V, III, VI, IV
D) I, II, IV, III, VI, V
E) I, VI, V, IV, II, III

03. (PUC Rio) Em sua estada no Arquipélago de Galápagos, Darwin estudou um grupo de espécies de pássaros, muito semelhantes entre si, mas com os bicos diferentes, adaptados a distintos regimes alimentares. Essas espécies diferentes originaram-se de um ancestral comum. Esse é um mecanismo evolutivo denominado

A) coevolução.
B) fluxo gênico.
C) convergência adaptativa.
D) irradiação adaptativa.
E) hibridação.

04. (UFPI) Ao observamos o voo de uma ave e o voo de um inseto, podemos deduzir que as asas de cada um funcionam e são utilizadas para um mesmo objetivo. Entretanto, a origem embriológica das asas das aves e dos insetos é diferente. Essas características constituem exemplo de

A) seleção natural.
B) seleção artificial.
C) convergência evolutiva.
D) seleção sexual.
E) mimetismo.

05. (VUNESP) Três populações de insetos, X, Y e Z, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Y produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Z produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população Y com os da população Z não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que

A) X, Y e Z continuaram pertencendo à mesma espécie.
B) X, Y e Z formaram três espécies diferentes.
C) X e Z tornaram-se espécies diferentes, e Y continuou a pertencer à mesma espécie.
D) X e Z continuaram a pertencer à mesma espécie, e Y tornou-se uma espécie diferente.
E) X e Y continuaram a pertencer à mesma espécie, e Z tornou-se uma espécie diferente.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFPA) Na borda norte e na borda sul do Grand Canyon, habitam duas populações de esquilos com diferenças morfológicas marcantes que, em condições naturais, sem as barreiras geográficas, não são capazes de se intercruzarem. As duas populações constituem ________________ diferentes, devido principalmente a(ao) ________________.

A alternativa que completa **CORRETAMENTE** a frase é

A) raças – isolamento reprodutivo.

B) espécies – isolamento reprodutivo.

C) raças – isolamento geográfico.

D) espécies – isolamento geográfico.

E) raças – diferenças morfológicas.

02. (PUC-SP) Uma barreira geográfica separou a população A em dois grupos designados por A1 e A2. Com o decorrer do tempo, A1 e A2 foram se diferenciando e deram origem, respectivamente, a duas populações designadas por B1 e B2.

I. A1 e A2 podem ter passado por estágios em que deram origem a subespécies.

II. B1 e B2 podem ser duas espécies distintas.

III. As proteínas produzidas por indivíduos das populações A1 e A2 devem apresentar maior semelhança entre si do que as produzidas por B1 e B2.

Pode-se considerar

A) apenas I e II viáveis.

B) apenas I e III viáveis.

C) apenas II e III viáveis.

D) I, II e III viáveis.

E) apenas uma delas viável.

03. (Unifor-CE) Há milhares de anos, uma ilha separou-se do continente. As espécies encontradas atualmente nessa ilha são bem diferentes das espécies continentais, embora sejam aparentadas. O processo inicial, que desencadeou o surgimento dessas espécies na ilha, foi

A) convergência.

B) isolamento reprodutivo.

C) isolamento geográfico.

D) mutação.

E) recombinação gênica.

04. (Cesgranrio) *Em 1835, o inglês C. Darwin, estudando os habitantes de Galápagos, concluiu que, há milhões de anos, espécies do continente teriam migrado para as ilhas e geraram espécies novas que não se desenvolveram em nenhuma outra parte.*

SUPERINTERESSANTE, ago. 1998.

Certamente, uma das espécies a que o texto se refere são os tentilhões (aves) de Darwin que, a partir de um ancestral comum, originaram um grande número de outros tentilhões diferentes. A esse tipo de processo chamamos

A) fluxo gênico.

B) seleção natural.

C) evolução convergente.

D) irradiação adaptativa.

E) convergência adaptativa.

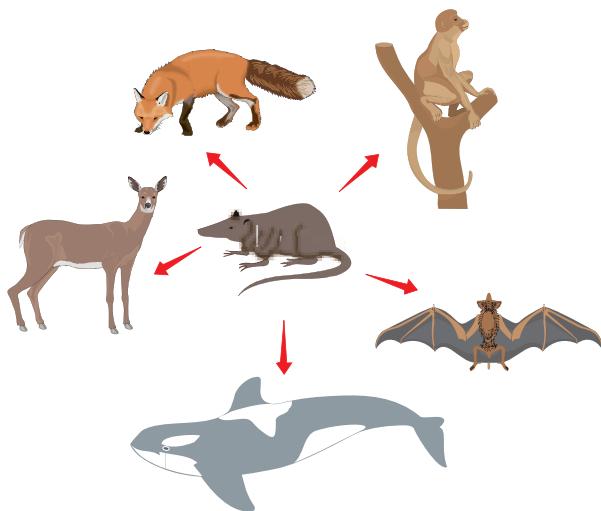
05. (VUNESP) O tubarão, peixe cartilaginoso, e o golfinho, mamífero cetáceo, filogeneticamente distintos, apresentam grande similaridade quanto à forma hidrodinâmica e aos apêndices locomotores. O mecanismo evolutivo que explica tal similaridade é

A) convergência adaptativa.

B) analogia estrutural.

C) irradiação adaptativa.

D) homologia evolutiva.

E) evolução paralela.

06. (PUC-SP) As semelhanças encontradas entre dois animais aquáticos como o golfinho e o tubarão indicam evolução

A) convergente, pois esses animais são filogeneticamente distantes e apresentam adaptações semelhantes.

B) divergente, pois esses animais apresentam homologias indicadoras de parentesco.

C) convergente, pois esses animais apresentam homologias indicadoras de parentesco.

D) divergente, pois esses animais apresentam analogias indicadoras de parentesco.

E) convergente, pois esses animais são filogeneticamente próximos e apresentam adaptações semelhantes.

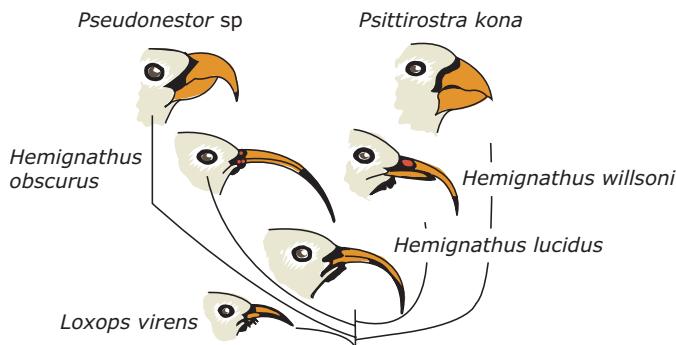
07. (PUC Minas) Constituem mecanismos de isolamento reprodutivo pré-copulatório, **EXCETO**

A) Ocupação diferencial de hábitat

B) Mortalidade do zigoto

C) Isolamento mecânico

D) Diferentes padrões de comportamento

E) Diferença na época reprodutiva

08. (PUC Minas) A evolução biológica, entendida como o conjunto de mudanças cumulativas que ocorrem ao longo do tempo em uma população, relaciona-se com a adaptação dos seres vivos ao ambiente.

A figura anterior representa a origem de algumas espécies típicas de diferentes ambientes a partir de um ancestral comum. Com base na análise da figura e de acordo com seus conhecimentos, assinale a alternativa **INCORRETA**.

A) As espécies originadas no processo de irradiação adaptativa representado na figura apresentam como característica comum a presença de placenta.

B) As variações adaptativas ocorridas em cada grupo foram induzidas pela ação dos diferentes fatores do meio ambiente.

C) As novas espécies originadas apresentarão alguns aspectos semelhantes, devido à sua ancestralidade comum.

D) A diversificação é moldada pelas diversas condições ambientais que selecionam, em cada região, características diferentes.

09. (UEL-PR) Um pesquisador observou que os vaga-lumes de uma dada população (A) emitem sinais luminosos longos e azulados e que os de outra população (B) emitem sinais curtos e avermelhados; observou também que os animais da população A não se cruzam com os da população B. Essas observações exemplificam um caso de isolamento reprodutivo do tipo

A) mecânico.

B) estacional.

C) ecológico.

D) gamético.

E) etológico.

10. (UniCEUB-DF) O arquipélago havaiano ocupa uma posição isolada no meio do Pacífico, distando cerca de 3 700 km da América do Norte e mais de 5 500 km da Ásia. O esquema adiante, modificado por Moody (1975), mostra os bicos de seis espécies de aves da família Drepanidae (drepanídeos), que habitam diversas ilhas do Havaí, provavelmente descendentes de um ancestral semelhante ao "espora-de-mel", pássaro que habita a América tropical.

A existência dessa diversidade entre os drepanídeos pode ser explicada como um fenômeno evolutivo decorrente da

A) deriva genética.

B) convergência adaptativa.

C) irradiação adaptativa.

D) mutação.

E) lei do uso e do desuso.

11. (UFU-MG) O isolamento reprodutivo é uma das etapas para a formação de novas espécies. As afirmativas a seguir se referem a alguns tipos desses isolamentos.

I. Cruzamento entre égua e jumento, originando a mula.

II. Diferenças no ritual de corte na época do acasalamento.

III. Os membros de duas populações não se cruzam devido à diferença de tamanho ou forma dos respectivos órgãos reprodutores.

IV. Populações A e B apresentam atividades sexuais em diferentes épocas do ano.

Baseado no exposto anterior, assinale a alternativa **CORRETA** que corresponde, respectivamente, ao tipo de isolamento reprodutivo.

A) Comportamental, esterilidade do híbrido, mecânico, sazonal.

B) Esterilidade do híbrido, comportamental, mecânico, sazonal.

C) Esterilidade do híbrido, mecânico, sazonal, comportamental.

D) Mecânico, esterilidade do híbrido, sazonal, comportamental.

E) Sazonal, comportamental, mecânico, esterilidade do híbrido.

12. (VUNESP) As populações A, B, C e D vivem em quatro regiões geográficas diferentes. Quando os indivíduos dessas populações foram colocados juntos, cruzaram-se, e os resultados obtidos foram os seguintes:

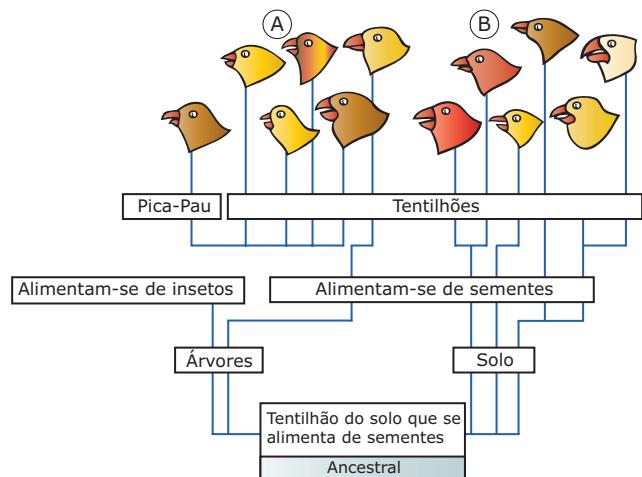
Cruzamentos	Descendentes
A x B	Férteis
A x D	Férteis
B x C	Estéreis
B x D	Férteis
C x D	Estéreis

A) O que se pode concluir do fato de os cruzamentos A x B, A x D e B x D terem produzido descendentes férteis?

B) Que fator inicial poderia ter dado origem às populações A, B, C e D?

C) Que nome se dá às espécies diferentes que vivem numa mesma região geográfica?

D) **INDIQUE** um exemplo de animais vertebrados que, quando cruzados entre si, produzem descendentes estéreis.

13. (Unicamp-SP) Em um arquipélago oceânico, todas as ilhas são habitadas por aves de um mesmo gênero. Cada ilha possui uma única espécie desse gênero, e as diferenças morfológicas principais entre elas são o tamanho e o formato do bico.

A) Qual foi a primeira etapa desse processo de especiação?

B) Que pressão seletiva deve ter determinado a presença de aves com bicos diferentes em diferentes ilhas?

C) Qual seria o procedimento para confirmar que as aves encontradas nas diferentes ilhas são de fato de espécies diferentes?

14. (FUVEST-SP) Os fatos a seguir estão relacionados ao processo de formação de duas espécies a partir de um ancestral.

I. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.

II. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.

III. Aparecimento de barreira geográfica.

A) Qual é a sequência em que os fatos anteriores acontecem na formação das duas espécies?

B) Que mecanismos são responsáveis pelas diferenças genéticas entre as populações?

C) Qual é a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação?

15. (UFMG) Uma das hipóteses sobre a origem dos tentilhões atuais, existentes nas ilhas Galápagos, supõe que eles descendem de um único tipo de tentilhão ancestral, que emigrou do continente para as ilhas em épocas passadas.

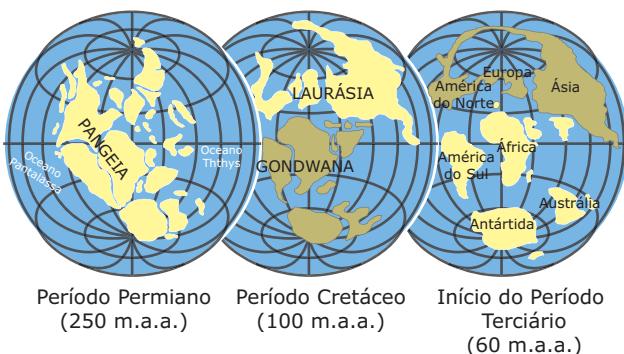
O esquema a seguir representa a evolução desses pássaros.

Com relação ao esquema,

A) **CITE** o nome do processo que levou ao aparecimento de todas as espécies atuais, a partir de um ancestral comum.

B) **CITE** o processo que originou as variações notadas na forma e tamanho dos bicos, em diferentes ambientes e ajustados a diferentes tipos de alimentos.

C) **CITE** dois mecanismos que poderiam impedir as espécies A e B de se tornarem uma única espécie.

CONCEITUE um desses mecanismos.

SEÇÃO ENEM

01. Uma ilha oceânica, rica em vegetação, foi invadida por representantes de um vertebrado herbívoro, que se adaptaram muito bem às condições encontradas e povoaram toda a ilha. Esta, após certo tempo, foi dividida em duas por um fenômeno geológico. Os animais continuaram vivendo bem e se reproduzindo em cada uma das novas ilhas; mas, depois de muitos anos, verificou-se que os indivíduos das duas ilhas haviam perdido a capacidade de produzir descendentes férteis, quando intercruzados.

Esse texto exemplifica um caso de

A) adaptação convergente.

B) convergência adaptativa.

C) especiação alopátrica.

D) especiação simpátrica.

E) anagênese.

02. (Enem–2009) No Período Permiano, cerca de 250 milhões de anos atrás (250 m.a.a.), os continentes formavam uma única massa de terra conhecida como Pangeia. O lento e contínuo movimento das placas tectônicas resultou na separação das placas, de maneira que já no início do Período Terciário (cerca de 60 m.a.a.), diversos continentes se encontravam separados uns dos outros. Uma das consequências dessa separação foi a formação de diferentes regiões biogeográficas, chamadas biomas. Devido ao isolamento reprodutivo, as espécies em cada bioma se diferenciaram por processos evolutivos distintos, novas espécies surgiram, outras se extinguiram, resultando na atual diversidade biológica do nosso planeta. A figura ilustra a deriva dos continentes e suas posições durante um período de 250 milhões de anos.

Período Permiano (250 m.a.a.) | Período Cretáceo (100 m.a.a.) | Início do Período Terciário (60 m.a.a.)

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003 (Adaptação).

De acordo com o texto, a atual diversidade biológica do planeta é resultado

A) da similaridade biológica dos biomas de diferentes continentes.

B) do cruzamento entre espécies de continentes que foram separados.

C) do isolamento reprodutivo das espécies resultantes da separação dos continentes.

D) da interação entre indivíduos de uma mesma espécie antes da separação dos continentes.

E) da taxa de extinções ter sido maior que a de especiações nos últimos 250 milhões de anos.

GABARITO

Fixação

01. C
02. C
03. D
04. C
05. D

Propostos

01. B
02. D
03. C
04. D
05. A
06. A
07. B
08. B
09. E
10. C
11. B

12. A) As populações A, B e D pertencem à mesma espécie.

B) Isolamento geográfico

C) Espécies simpátricas

D) O cruzamento entre o jumento e a égua produz os híbridos burro e mula, que normalmente são estéreis.

13. A) A primeira etapa do processo de especiação deve ter sido o isolamento geográfico, uma vez que os grupos de aves ocupam diferentes ilhas.

B) A seleção de tipos diferentes de bicos deve ter ocorrido por diferenças no tipo de alimento disponível em cada uma das ilhas.

C) Poderíamos dizer que essas aves pertencem seguramente a espécies distintas se machos e fêmeas de grupos diferentes não se cruzassem na natureza ou, se o fizessem, não originassem descendentes férteis.

14. A) III → I → II

B) Mutação, recombinação gênica e seleção natural.

C) O isolamento reprodutivo impede o fluxo gênico (troca de genes) entre as populações, fixando características genéticas distintas.

15. A) Irradiação adaptativa (especiação geográfica).

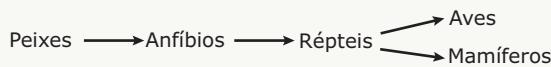
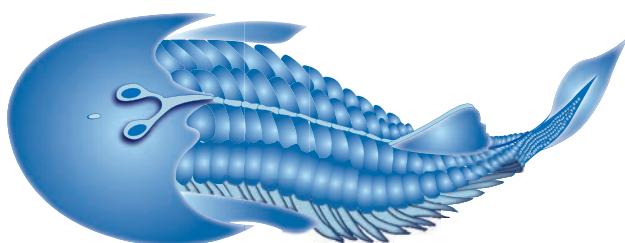
B) Mutação seguida de seleção natural.

C) Isolamento geográfico e isolamento reprodutivo. O isolamento reprodutivo é a incompatibilidade reprodutiva entre indivíduos de populações diferentes, ou seja, é a incapacidade total ou parcial de indivíduos de duas populações distintas se cruzarem, produzindo descendência fértil. O isolamento geográfico é a separação física de duas populações, impedindo que indivíduos dessas populações entrem em contato.

Seção Enem

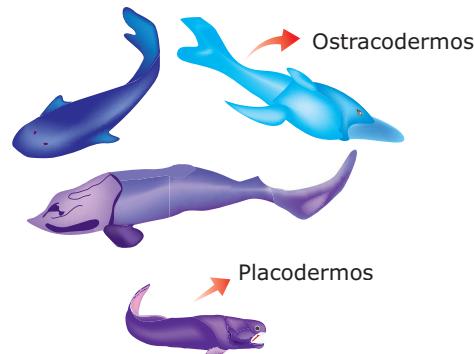
01. C
02. C

BIOLOGIA

Evolução dos vertebrados

O subfilo Vertebrata ou Craniata do filo Chordata (cordados) engloba todos os animais com crânio, encéfalo e coluna vertebral.

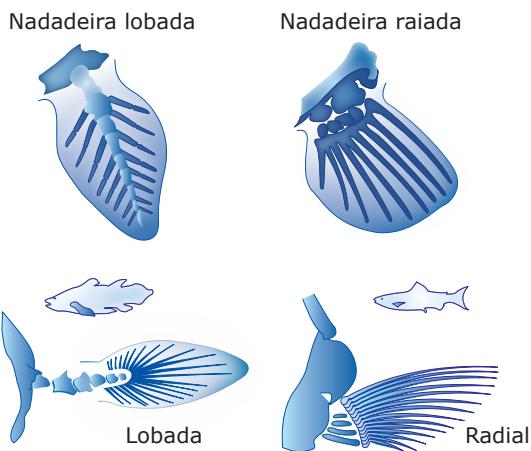
Os primeiros vertebrados

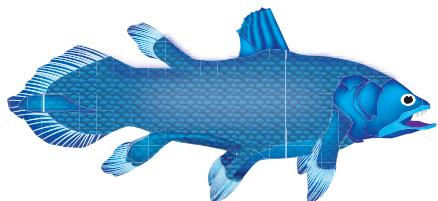
Baseando-se em evidências anatômicas, embriológicas, bioquímicas e especialmente paleontológicas (fósseis), acredita-se que o surgimento dos vertebrados ocorreu de acordo com a seguinte sequência evolutiva:

Acredita-se que, a partir de cordados invertebrados, tenham evoluído os primeiros vertebrados: os ostracodermos. Os ostracodermos surgiram há cerca de 500 milhões de anos (período Ordoviciano da Era Paleozoica). Eram animais pequenos (33 cm no máximo), agnatos (sem mandíbula), de corpo achatado, recoberto por uma armadura de placas ósseas e não possuíam nadadeiras peitorais e pélvicas aos pares. Provavelmente, viviam no fundo dos mares, alimentando-se do lodo por filtração.

Ostracodermos *– Os ostracodermos também ficaram conhecidos por "peixes couraçados", porque tinham uma armadura cobrindo a cabeça e partes do corpo.*

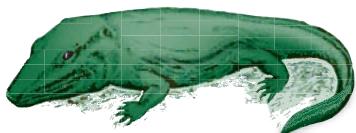
A maioria dos ostracodermos se extinguiu, mas uma de suas linhagens evoluiu para os ciclóstomos atuais (lampreias e feiticeiras) e outra deu origem aos placodermos.

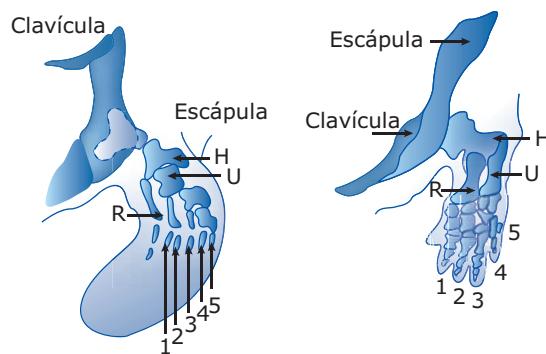
Os placodermos surgiram há cerca de 440 milhões de anos (período Ordoviciano da Era Paleozoica) e apresentavam duas importantes aquisições evolutivas em relação a seus ancestrais: mandíbula (gnatostomado) e nadadeiras pares. A mandíbula móvel permitiu que se tornassem eficientes predadores, enquanto as nadadeiras pares lhes deram maior habilidade de movimentação no meio. Eram bem maiores do que os ostracodermos, sendo que alguns chegaram a medir até 10 metros de comprimento.

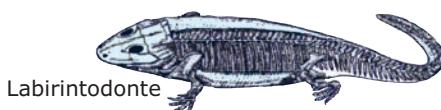
Três peixes ostracodermos, providos de armadura externa e sem mandíbulas. *Seu tamanho era de 30 cm de comprimento. Um peixe placodermo, dotado de poderosas mandíbulas. Seus representantes chegavam a medir 10 m de comprimento.*

Acredita-se que, há cerca de 430 milhões de anos, os placodermos tenham dado origem aos condrictes (peixes cartilaginosos) e aos osteíctes (peixes ósseos).

Há cerca de 400 milhões de anos (período Devoniano da Era Paleozoica), os osteíctes se diversificaram em dois grandes grupos: actinopterígios e crossopterígios.

Os actinopterígios tinham nadadeiras radiais (radiadas), dotadas de raios cartilaginosos de reforço. Deram origem à maioria dos peixes ósseos atuais.

Os crossopterígios apresentavam nadadeiras lobadas, carnosas e dotadas de estrutura óssea de sustentação. Provavelmente, essas nadadeiras podiam sustentar o peso do corpo e assim permitir que esses peixes pudessem "caminhar" ou "rastejar" no solo do fundo dos rios e lagos, como também fazer pequenas incursões nas margens à procura de alimento.

Nadadeiras radiais e nadadeiras lobadas

Os crossopterígios, assim como fazem alguns peixes ósseos atuais descendentes dos actinopterígios, também podiam fazer respiração aérea (retirar o oxigênio do ar), utilizando-se da bexiga natatória, importante órgão de equilíbrio hidrostático, mas que, em certas espécies, também funciona como "pulmão" rudimentar. Quando a água que os rodeia se torna estagnada e imprópria para a respiração através das brânquias, esses peixes elevam-se à superfície e engolem o ar.

Celacanto *– Os crossopterígios foram considerados extintos até 1939, quando então um exemplar vivo desse grupo de peixes, o celacanto, foi capturado por pescadores no sudoeste da África. Posteriormente, outros exemplares foram obtidos.*

Anfíbios

Dos crossopterígios, provavelmente, partiu a linha evolutiva que deu origem aos labirintodontes, nome dado aos primeiros anfíbios, que surgiram por volta de 350 milhões de anos atrás (período Devoniano da Era Paleozoica).

Anfíbio labirintodonte *– Os anfíbios labirintodontes tinham o corpo longo (aproximadamente 70 cm) e sua aparência era "semelhante à de um lagarto".*

A passagem evolutiva dos peixes para os anfíbios envolveu algumas modificações que permitiram adaptar a vida dos vertebrados ao ambiente terrestre. Uma delas foi o surgimento das patas em substituição às nadadeiras. As patas dos anfíbios provavelmente surgiram a partir de modificações ocorridas nas nadadeiras lobadas dos crossopterígios.

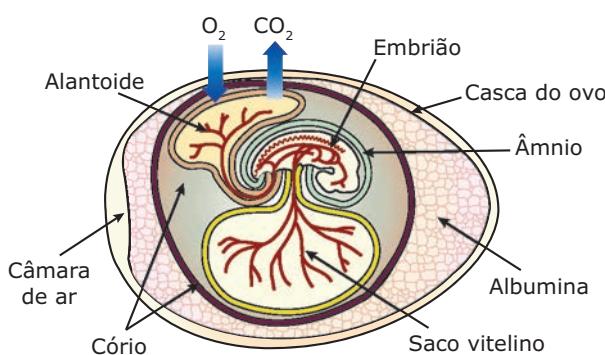
Comparação entre a estrutura óssea da nadadeira de um peixe crossopterígio (à esquerda) e a pata de um anfíbio da Era Paleozoica (à direita) *– Note a homologia entre os ossos: H – úmero, R – rádio, U – ulna. As patas dos anfíbios e dos demais vertebrados surgiram a partir das nadadeiras lobadas dos crossopterígios.* (Segundo Gregory, redesenhado do livro de Storer e Usinger. *General Zoology*, McGraw-Hill, Inc.).

Comparação entre a estrutura óssea de um peixe crossopterígio do Devoniano (embaixo) e de um anfíbio, possivelmente seu descendente (em cima). (Redesenhado do livro de A. Lee McAlester. *História geológica da vida*. ed. Edgar Blucher Ltda, 1969.).

Outra modificação importante foi o desenvolvimento dos pulmões. Na fase de larva, os anfíbios, assim como os seus ancestrais (os peixes), vivem no meio aquoso respirando através de brânquias. Com a metamorfose, as brânquias desaparecem na maioria das espécies e surgem os pulmões, que, embora rudimentares, permitem a realização de uma respiração aérea. Assim, a maioria dos anfíbios adultos possui pulmões em substituição às brânquias.

Como os pulmões dos anfíbios são muito rudimentares, com uma pequena superfície de trocas gasosas, a adaptação ao ambiente terrestre também contou com modificações no sistema circulatório que permitiram, também, a realização da respiração pela pele (respiração cutânea). A respiração cutânea se tornou possível devido ao fato de a pele do animal ser lisa, desprovida de escamas, ser ricamente vascularizada e estar constantemente umedecida e coberta por muco produzido por glândulas mucosas.

Embora sejam considerados os primeiros vertebrados terrestres, os anfíbios não conseguiram a conquista definitiva desse novo ambiente, uma vez que continuaram a depender do meio aquoso para a reprodução (fecundação externa) e para o desenvolvimento embrionário.

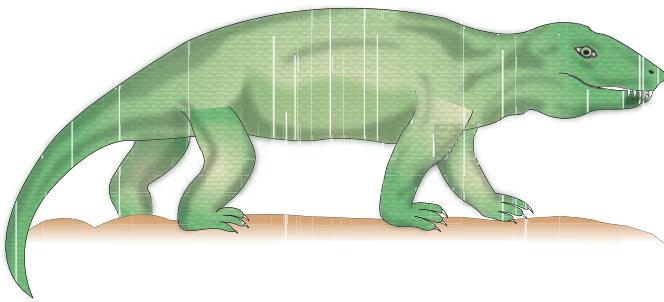
Répteis

Dos primitivos anfíbios labirintodontes, partiram linhas evolutivas que deram origem aos anfíbios atuais e uma linha evolutiva que deu origem aos cotilossauros, os primeiros répteis.

Cotilossauros (primeiros répteis) *– Os cotilossauros foram os primeiros répteis e surgiram há cerca de 270 milhões de anos (final do período Carbonífero da Era Paleozoica).*

Os répteis foram os vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre, uma vez que se libertaram da dependência do meio aquoso para a reprodução e para o desenvolvimento embrionário. Isso só foi possível devido a algumas novas características que neles surgiram e que se constituem em importantes aquisições evolutivas em relação aos anfíbios. Uma delas foi o maior desenvolvimento dos pulmões, o que possibilitou uma eficiente troca de gases com a atmosfera. Entretanto, a grande aquisição evolutiva dos répteis foi o ovo terrestre, capaz de se desenvolver fora da água, com uma casca relativamente impermeável que o protege contra o ressecamento. Além disso, o ovo dos répteis é do tipo megalécito, ou seja, possui uma grande quantidade de vitelo (gema) capaz de nutrir o embrião durante todo o seu desenvolvimento.

Nos répteis, além do saco vitelínico muito desenvolvido, surgiram outros anexos embrionários que muito contribuíram para o desenvolvimento do embrião dentro do ovo terrestre. É no desenvolvimento dos répteis que aparecem, pela primeira vez nos vertebrados, o cório, o âmnio (bolsa amniótica) e o alantoide.

Ovo terrestre dos vertebrados *– O cório é uma membrana que envolve e protege o embrião e os demais anexos embrionários. O âmnio é uma bolsa cheia de líquido (líquido amniótico) que protege o embrião contra a dessecação e também confere uma certa proteção contra choques mecânicos. O alantoide é uma bolsa na qual são armazenadas as excretas nitrogenadas do embrião, e como os répteis são animais uricotélicos, eles têm como principal excreta nitrogenada o ácido úrico. O fato de serem uricotélicos (e não amoniotélicos ou ureotélicos) também muito contribuiu para a oviparidade, ou seja, para o desenvolvimento do embrião dentro de um ovo terrestre com casca. O alantoide também permite a troca de gases respiratórios (CO_2 e O_2) entre o meio interno do ovo e o meio exterior, exercendo assim um importante papel na respiração do embrião.*

A fecundação interna e o ovo terrestre tornaram a reprodução e o desenvolvimento embrionário independentes do meio aquoso. A adaptação ao ambiente terrestre foi um sucesso tão grande que os répteis dominaram, por muito tempo, nosso planeta. O número de espécies diferentes era tão abundante na Era Mesozoica (220 a 70 milhões de anos) que ela ficou conhecida como a "Era dos Répteis".

Provável sequência evolutiva dos répteis a partir dos cotilossauros *– Dos répteis mais primitivos, partiram diversas linhas evolutivas que deram origem a diferentes espécies. Essas linhas evolutivas deram origem aos quelônios (tartarugas), aos ictiossauros (répteis aquáticos, hoje extintos), aos tecodontes e aos terapsidas. Os répteis terapsidas deram origem aos mamíferos, enquanto os tecodontes deram origem aos pterossauros (répteis voadores, já extintos), aos crocodilianos, aos escamados (cobras, lagartos) e aos dinossauros (extintos). Acredita-se que as aves sejam descendentes de um grupo de dinossauros bípedes.*

Um dos mais intrigantes fenômenos ocorridos com os répteis foi a extinção dos dinossauros e de outros grandes répteis, ocorrida há cerca de 65 milhões de anos (período Cretáceo da Era Mesozoica). Esses animais se extinguiram em tempo relativamente curto, depois de dominar a Terra por mais de uma centena de milhões de anos.

Várias hipóteses já foram propostas para explicar o desaparecimento dos dinossauros. Uma delas admite que a causa da extinção teria sido as bruscas mudanças nas condições climáticas da Terra em consequência da queda de um grande meteoro. O impacto dessa queda teria levantado muita poeira, que ficou em suspensão por muito tempo na atmosfera, escurecendo e esfriando o planeta. Uma outra hipótese considera que a extinção se deu porque esses répteis eram volumosos, pesados, exigiam grandes quantidades de alimentos, reproduziam-se pouco e, especialmente, seus ovos passaram a ser predados e destruídos por animais carnívoros menores e mais ágeis. Existem suposições que admitem a extinção em consequência de algum tipo de epidemia que teria acometido esses répteis. Enfim, existem diferentes hipóteses, mas nenhuma delas consegue explicar por completo a extinção dos dinossauros. Muitos autores, atualmente, preferem admitir que essa extinção ocorreu devido à associação das várias causas apontadas nas diferentes hipóteses.

Mamíferos

Os primeiros mamíferos sugiram há cerca de 200 milhões de anos (período Triássico da Era Mesozoica) a partir dos répteis terapsidas.

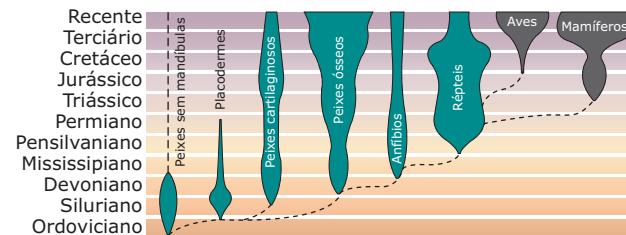
Terapsídeo *– Réptil semelhante a um mamífero, sendo o provável ancestral deste. Comprimento: 1,60 m.*

Os mamíferos mais primitivos eram animais de pequeno porte (tamanho aproximado de um camundongo atual); insetívoros (alimentavam-se de insetos) e possuíam dentição diferenciada (heterodontes). Provavelmente, eram animais arborícolas (viviam sobre árvores) e tinham hábitos noturnos, isto é, procuravam alimento apenas à noite, período em que os répteis carnívoros estavam dormindo ou inativos.

Uma das aquisições evolutivas mais importantes dos mamíferos em relação aos répteis foi a homeotermia (capacidade de manter a temperatura corporal constante, independentemente das variações ambientais da temperatura). A homeotermia permitiu que os mamíferos se adaptassem e conquistassem ambientes com diferentes condições de temperatura. A viviparidade (desenvolvimento embrionário totalmente no meio interno), que é uma característica da maioria das espécies de mamíferos, bem como o cuidado com a prole, amamentando e protegendo os filhotes durante um certo período de tempo, também muito contribuíram para aumentar a sobrevida dos indivíduos e as chances de sobrevivência das espécies.

Os mamíferos não tiveram um sucesso evolutivo imediato, permanecendo como uma categoria pouco significante durante todo o período em que os répteis se irradiaram. Somente depois da extinção dos grandes répteis, notadamente dos dinossauros, há cerca de 65 milhões de anos, os mamíferos sofreram uma grande diversificação e expansão, passando a habitar todos os ambientes do planeta.

Aves

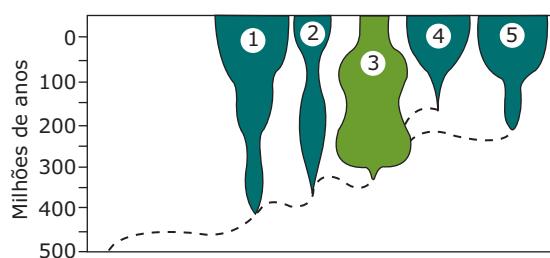
As primeiras aves surgiram há cerca de 150 milhões de anos (período Jurássico da Era Mesozoica).

O fóssil mais antigo de um vertebrado já apresentando algumas características de ave é o *Archaeopteryx*.

Archaeopteryx *– Esse animal tinha dentes e o corpo era coberto por penas, cerca de 70 cm de comprimento, além de dedos com garras nas asas e uma longa cauda. Acredita-se que o* Archaeopteryx *(hoje extinto) seja, na realidade, a transição entre os répteis e as aves atuais.*

Algumas características dos répteis se conservaram nas aves, como a presença de escamas epidérmicas que recobrem as patas, o ovo terrestre semelhante ao dos répteis e os anexos embrionários, que são os mesmos encontrados no desenvolvimento embrionário dos répteis. Por outro lado, na passagem evolutiva dos répteis para aves, algumas aquisições importantes foram feitas. Entre elas, destacamos a homeotermia e os cuidados com a prole (proteção e alimentação dos filhotes durante certo tempo de suas vidas). Assim como aconteceu com os mamíferos, as aves, por serem animais homeotérmicos, adaptaram-se a ambientes com diferentes condições de temperatura.

O esquema a seguir representa resumidamente a filogênese (sequência evolutiva) dos vertebrados:

Linhas gerais da história evolutiva dos vertebrados (baseado no número de gêneros conhecidos) *– Para cada classe de vertebrados, a largura das faixas é proporcional à sua variedade conhecida em cada um dos períodos geológicos no qual essa classe existiu.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST-SP) De acordo com a paleontologia, a anatomia comparada e a embriologia, qual dos esquemas a seguir **MELHOR** representa a linha evolutiva dos vertebrados?

A) Peixes → Anfíbios → Répteis → aves / → mamíferos

B) Peixes → Anfíbios → Mamíferos / Peixes → Répteis → Aves

C) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

D) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves / Anfíbios → Mamíferos

E) Peixes → Anfíbios → Répteis → Mamíferos → Aves

02. (Cesgranrio) Na evolução dos vertebrados, a conquista do meio terrestre só foi definitivamente realizada

A) quando os peixes, representados pelos crossopterígios, adquiriram uma bexiga aerífera, que podia funcionar como um pulmão.

B) com o aparecimento dos anfíbios, que adquiriram membros pentadáctilos e podiam se locomover em terra firme.

C) a partir dos répteis, no Carbonífero, com o aparecimento de um ovo amniota.

D) no Mesozoico, com o aparecimento das aves que adquiriram penas e homeotermia.

E) com o aparecimento dos mamíferos placentários e o desenvolvimento, nesses animais, de cérebros mais completos.

03. (UFMG) A figura a seguir representa a evolução dos cinco grandes grupos de vertebrados atuais.

Considerando essa figura, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) Os animais pecilotérmicos, geralmente de fecundação externa, respiração branquial e hábitat aquático, são representados pelo número 1.

B) O grupo representado pelo número 2 conseguiu sobreviver em períodos de grandes mudanças, devido a aquisições tais como membros locomotores e respiração aérea.

C) O primeiro grupo de vertebrados que conquistou definitivamente o ambiente terrestre está representado pelo número 3.

D) Os animais representados pelo número 4 constituem o primeiro grupo a apresentar ovo fechado, fator significativo na sua evolução.

E) Os grupos que apresentam coração totalmente dividido em quatro câmaras são os representados pelos números 4 e 5.

04. (Cesgranrio) Tanto as plantas como os animais tiveram a sua origem no meio aquático. Durante a evolução biológica, as plantas vasculares libertam-se inteiramente da água através da formação da semente, enquanto, entre os animais, os vertebrados o fizeram com o desenvolvimento de

A) homeotermia.

B) membros pentadáctilos.

C) ovo amniota.

D) visão binocular.

E) placenta.

05. (UFMG) Entre os peixes e os primeiros anfíbios, foram necessários 40 milhões de anos de lenta e constante evolução.

Todas as alternativas contêm adaptações surgidas durante essa evolução, **EXCETO**

A) manutenção da pele úmida.

B) membros articulados.

C) respiração pulmonar.

D) termorregulação.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FUVEST-SP) Qual das estruturas a seguir é a **MELHOR** explicação para a expansão e o domínio dos répteis durante a Era Mesozoica, incluindo o aparecimento dos dinossauros e sua ampla distribuição em diversos nichos do ambiente terrestre?

A) Prolongado cuidado com a prole, garantindo proteção contra os predadores naturais.

B) Aparecimento de ovo com casca, capaz de evitar o dessecamento.

C) Vantagem sobre os anfíbios na competição pelo alimento.

D) Extinção dos predadores naturais e consequente explosão populacional.

E) Abundância de alimento nos ambientes aquáticos abandonados pelos anfíbios.

02. (UFPA) O ovo terrestre foi uma "grande invenção" dos vertebrados, que assim puderam conquistar o ambiente terrestre. Essa conquista ocorreu pela primeira vez com

A) aves.

B) répteis.

C) anfíbios.

D) peixes.

E) mamíferos.

03. (PUC RS) No chamado período Devoniano, os peixes ósseos já se apresentavam nitidamente divididos em dois grupos: o primeiro formado por aqueles que apresentavam nadadeiras radiadas e dos quais se originaram quase todos os peixes ósseos da atualidade; o segundo formado por aqueles que apresentavam nadadeiras lobadas e dos quais se originaram mais tarde os anfíbios.

Esse comportamento evolutivo dos peixes ósseos serve de exemplo para um caso de

A) seleção homogênea.

B) controle biológico.

C) evolução unidirecional.

D) seleção unidirecional.

E) evolução divergente.

04. (FCMMG) Há cerca de 400 milhões de anos, um grupo de peixes, dotados de "pulmões" rudimentares, iniciou a exploração do ambiente terrestre e propiciou o aparecimento dos

A) répteis.

B) anfíbios.

C) cordados.

D) vertebrados.

05. (UFMG) Durante a evolução dos vertebrados, surgiram nos diferentes grupos aquisições que permitiram sua sobrevivência. Algumas dessas aquisições evolutivas são: mandíbulas articuladas, ovo com casca, respiração pulmonar e presença de âmnio.

Os primeiros vertebrados que apresentaram esse conjunto de aquisições evolutivas pertencem ao grupo dos

A) peixes.

B) anfíbios.

C) répteis.

D) aves.

E) mamíferos.

06. (UFMA) Entre os grupos a seguir relacionados, assinale os que surgiram a partir dos répteis na escala evolutiva.

A) Peixes e anfíbios

B) Anfíbios e aves

C) Cordados inferiores e artrópodes

D) Aves e mamíferos

E) Aves e peixes

07. (Cesgranrio) Assinale a era geológica em que houve uma grande diversificação dos répteis e a consequente formação de um número enorme de tipos, inclusive os grupos atualmente existentes.

A) Mesozoica

B) Proterozoica

C) Arqueozoica

D) Paleozoica

E) Cenozoica

08. (Cesgranrio) Um dos grandes eventos na evolução dos vertebrados foi o aparecimento, no Paleozoico, das formas com mandíbula. A forma mais primitiva com mandíbula foi a dos

A) ostracodermos.

B) coelacantídeos.

C) anfíbios labirintodontes.

D) placodermos.

E) crossopterígios.

09. (UFMA) Os dinossauros são considerados os mais impressionantes seres que viveram no nosso planeta, tendo sido extintos no Mesozoico. A partir desse episódio, ocorreu

A) o surgimento dos anfíbios.

B) a extinção das aves modernas.

C) a ascensão dos mamíferos.

D) o desaparecimento dos mamíferos.

E) o aparecimento dos anfíbios gigantes.

10. (VUNESP) Existe um dito popular que pergunta: "Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?" Sendo a galinha uma ave, do ponto de vista biológico e evolutivo, a alternativa **CORRETA** para responder essa questão é:

A) O ovo, pois todas as aves são ovíparas.

B) O ovo, pois as aves descendem dos répteis, que também põem ovos.

C) A galinha, pois o ovo surgiu nas aves posteriormente.

D) O ovo, que deu origem às aves e depois aos répteis.

E) A galinha, pois os répteis que originaram as aves não punham ovos.

11. (Mackenzie-SP–2010) Durante a evolução, a colonização do ambiente terrestre exigiu várias adaptações. Entre elas,

A) a presença de tubo digestório completo.
B) a maior produção de gametas.
C) a presença de pigmentos respiratórios no sangue.
D) a eliminação de ureia ou ácido úrico como excreta nitrogenada.
E) a presença de anexos epidérmicos como penas e pelos.

12. (UFMG) Vocês querem saber o que foi que os mamíferos inventaram, que é ainda melhor do que o ovo que se enterra no chão ou se bota no ninho? Pois os mamíferos [...]

RIBEIRO, J. U. *O sorriso do lagarto.*

A frase, interrompida nessa passagem, poderia ser completada, apropriadamente, com uma característica que diferenciasse os mamíferos dos outros vertebrados.

A alternativa que apresenta essa característica é:

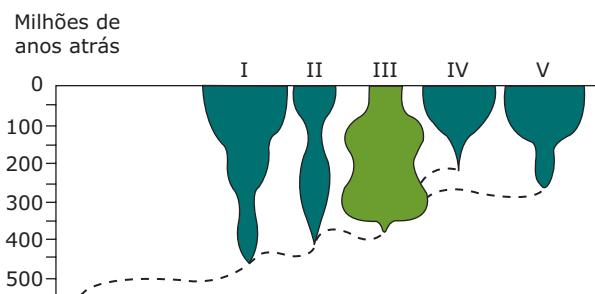
A) Controle da reprodução através de hormônios.
B) Controle da temperatura corporal.
C) Estruturas adaptadas para fecundação interna.
D) Placenta como órgão de interface materno-fetal.
E) Presença de glândulas de secreção.

13. (PUC-Campinas-SP) Considere o texto a seguir:

Talvez a maior de todas as inovações surgidas durante a história evolutiva dos vertebrados tenha sido o desenvolvimento da mandíbula que, manipulada por músculos e associada a dentes, permitiu aos peixes primitivos arrancar com eficiência grandes pedaços de algas e de animais, tornando disponível para si uma nova fonte de alimento. Os cordados sem mandíbula estavam restritos à filtração, à sucção do alimento ou à captura de pequenos animais. Os primeiros vertebrados mandibulados tornaram-se predadores, permitindo-lhes grande aumento no tamanho.

LOPES, Sônia. *BIO*. v. 2. São Paulo: Saraiva, 1997, p. 361-2.

Analisando o texto e aplicando seus conhecimentos sobre os animais relacionados com o fato descrito, um estudante apresentou os seguintes comentários:

I. Lampreias são ectoparasitas de peixes e baleias, e feiticeiras alimentam-se de vermes marinhos ou de peixes moribundos.
II. Os agnatos têm desvantagens em relação aos gnatostomados quanto à obtenção de alimento.
III. Atualmente, o número de espécies de agnatos é muito menor do que o dos peixes gnatostomados, fato provavelmente ocasionado pela ausência de mandíbula.
IV. As mandíbulas não se limitam à captura de alimento, podendo também manipular objetos e cavar buracos.

São **CORRETOS** os comentários

A) I, II, III e IV.
B) II, III e IV, somente.
C) I, III e IV, somente.
D) I, II e IV, somente.
E) I, II e III, somente.

14. (UFMG) Algumas aquisições adaptativas permitiram ao grupo dos anfíbios a conquista do ambiente terrestre. Outras características permaneceram semelhantes às do grupo do qual se originaram. Nos representantes atuais dos anfíbios, há características que evidenciam essa transição.

DESCREVA as modificações que ocorreram ou não nos anfíbios primitivos, em relação a seu grupo ancestral, quanto aos seguintes aspectos: estruturas locomotoras, pele e anexos, respiração e reprodução.

SEÇÃO ENEM

01. A figura a seguir representa a sequência evolutiva dos grandes grupos de vertebrados atuais dotados de mandíbulas, enumerados de I a V. A largura das áreas sombreadas indica o número relativo de espécies de cada grupo durante as diferentes eras e períodos geológicos.

Com base na figura e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que

A) o grupo IV corresponde à classe dos mamíferos, uma vez que esses animais surgiram antes das aves, grupo indicado pelo algarismo V.
B) a respiração branquial é uma característica exclusiva dos representantes do grupo I.
C) os tetrápodes estão representados pelos grupos II, III, IV e V.
D) atualmente existem mais espécies de anfíbios do que de peixes.
E) a independência do meio aquático para a reprodução e a conquista definitiva do ambiente terrestre surgiram com os representantes do grupo IV.

02. (Enem–2007) As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

A) Movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.

B) Sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.

C) Aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.

D) Aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.

E) Recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

GABARITO

Fixação

01. A

02. C

03. D

04. C

05. D

Propostos

01. B

02. B

03. E

04. B

05. C

06. D

07. A

08. D

09. C

10. B

11. D

12. D

13. A

14. (a) Estruturas locomotoras: surgimento de patas em substituição às nadadeiras, permitindo, assim, uma melhor adaptação à locomoção no ambiente de terra firme; (b) Pele: a pele tornou-se lisa, sem escamas, fina e muito vascularizada, permitindo a realização da respiração cutânea; (c) Respiração: houve o desenvolvimento dos pulmões e a formação de uma pele adaptada à respiração cutânea, permitindo ao animal realizar trocas de gases com a atmosfera; (d) Reprodução: praticamente não houve modificações, uma vez que a maioria dos anfíbios faz fecundação externa e tem o desenvolvimento embrionário realizado também no meio aquoso, como acontece com muitos peixes. Assim, a reprodução e o desenvolvimento embrionário dos anfíbios continuaram dependentes do meio aquoso.

Seção Enem

01. C

02. B

BIOLOGIA

Evolução do homem

MÓDULO 16 | FRENTE D

Com base principalmente na paleontologia (estudo de fósseis), na comparação bioquímica entre diferentes espécies de seres vivos, na anatomia e embriologia comparadas, acredita-se que o homem, assim como todas as demais espécies de seres vivos, tenha surgido através do processo evolutivo. Embora muitos aspectos evolutivos do homem sejam bem conhecidos pela ciência atual, alguns são ainda desconhecidos. Algumas interrogações permanecem quando traçamos a linha evolutiva que culminou com o aparecimento dos primeiros seres humanos.

Para melhor compreendermos a evolução do homem, vamos recordar quais são as categorias taxonômicas básicas da nossa espécie.

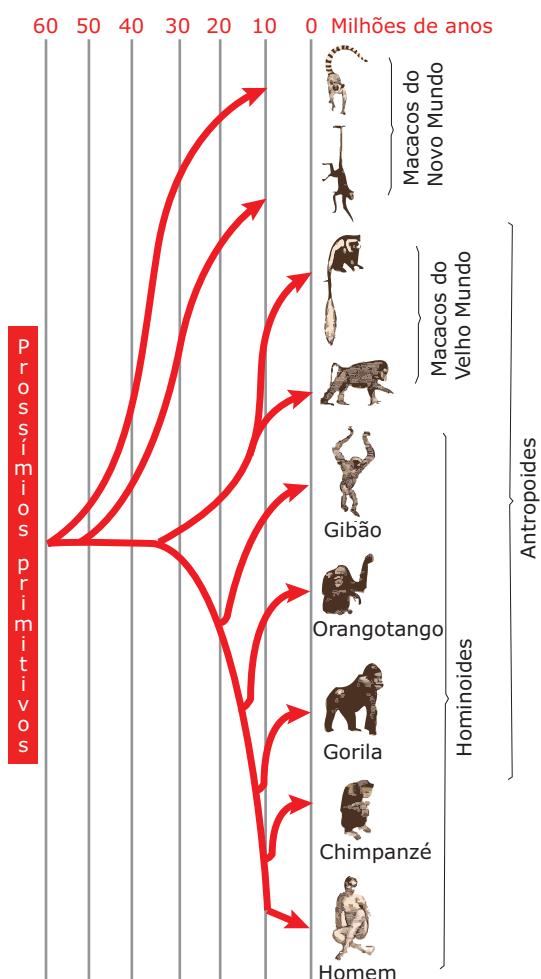
Reino	Animallia ou Metazoa (Metazoários)
Filo	Chordata (Cordados)
Classe	Mammalia (Mamíferos)
Ordem	Primates (Primatas)
Família	Hominidae (Hominídeos)
Gênero	*Homo*
Espécie	*Homo sapiens*

Os primeiros mamíferos surgiram há cerca de 200 milhões de anos. Deles, por irradiação adaptativa, partiram diversas linhas evolutivas que deram origem a vários grupos de mamíferos, adaptados a diferentes condições ambientais. Há cerca de 60 milhões de anos (período Paleoceno da Era Cenozoica), uma dessas linhas evolutivas deu origem aos primeiros mamíferos primatas.

Graças a algumas características importantes, os primatas puderam explorar melhor o ambiente à procura de alimento e escapar com eficiência do ataque dos predadores. Entre essas características, destacamos:

- **Cintura escapular**, que permite ampla rotação e liberdade dos movimentos dos ombros e do braços, tornando os membros superiores extremamente ágeis.
- **Mão com dedo polegar oponível (capaz de se opor aos demais dedos num ângulo de 90º)**, permitindo agarrar objetos com mais facilidade, força e precisão.
- **Olhos na posição frontal, com aperfeiçoamento da visão estereoscópica (de profundidade)**, permitindo ao cérebro calcular a que distância está o objeto. Essa visão em três dimensões foi de fundamental importância para a vida arborícola, na qual um salto malcalculado poderia ser fatal. Além disso, a maioria das espécies tem na retina células denominadas cones, que possibilitam a visão das cores. A eficiência da visão dos primatas é muito maior quando comparada com a dos demais mamíferos.
- **Presença de vários tipos de dentes**, úteis ao consumo de diversos tipos de alimentos.
- **Vida familiar** – Entre os mamíferos, os primatas são os que mais se dedicam aos cuidados com a prole. A maioria dos primatas tem um único filhote e cuida dele durante longo tempo.

Atualmente, a ordem dos primatas está subdividida em três subordens: a dos prossímios (palavra que significa "precursor de macaco"), a dos tarsiformes e a dos antropoides (*antro*, homem, e *oide*, parecido, semelhante).

Os prossímios, também chamados de primatas inferiores, são muito bem-adaptados à vida arborícola e foram os primeiros primatas. Surgiram há cerca de 60 milhões de anos. A maioria das espécies se extinguiu e, atualmente, está representada pelos lêmures. Os tarsiformes estão representados pelos társios.

Lêmures e társios *– Os lêmures e os társios são animais de hábitos noturnos e são muito semelhantes aos primatas mais primitivos. Os lêmures vivem na ilha de Madagascar, e os társios, nas Índias Orientais e nas Filipinas.*

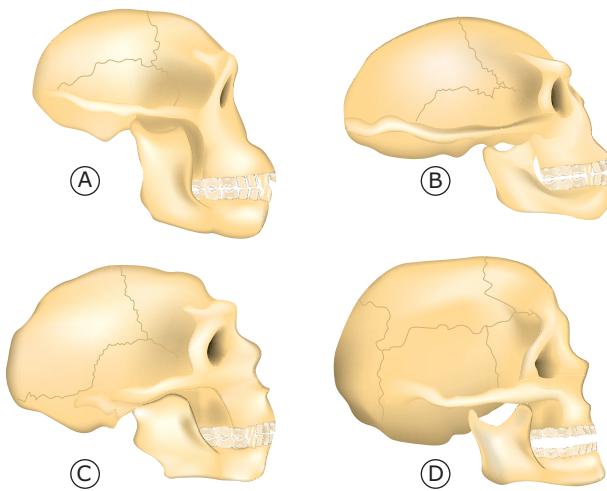
Os antropoides, também chamados de primatas superiores, surgiram há cerca de 40 milhões de anos a partir de um grupo de prossímios. Possuem encéfalo maior, visão e córtex cerebral mais desenvolvidos do que os dos prossímios. Englobam os chamados macacos do Novo Mundo, os macacos do Velho Mundo e os hominoides.

Os macacos do Novo Mundo vivem nas florestas tropicais da América Central e da América do Sul. Possuem membros anteriores e posteriores alongados, o que facilita os movimentos nas árvores. Muitas espécies têm cauda preênsil (adaptada a agarrar, segurar). Saguis, micos, macaco-aranha e monocarvoeiros estão entre os representantes mais conhecidos.

Os macacos do Velho Mundo vivem em regiões tropicais da Ásia e da África. Algumas espécies são arborícolas e outras caminham no solo. Não têm cauda preênsil, sendo que alguns nem mesmo possuem cauda. Macaco *Rhesus*, mandril e babuínos são alguns representantes desse grupo.

Evolução dos primatas

A Superfamília Hominoidea (hominoides) engloba três famílias: Hylobatidae (gibão), Pongidae (gorila, orangotango, chimpanzé) e Hominidae (representada atualmente por uma única espécie: o *Homo sapiens*).

OS HOMINÍDEOS

Os representantes do gênero *Australopithecus* ("macacos do sul"), hoje extinto, estão entre os primeiros hominídeos conhecidos. Surgiram na África há cerca de 4,5 milhões de anos. Mediam cerca de 1,20 m de altura, tinham maxilares proeminentes (face prognata) e postura bípede. A anatomia de seus braços era similar à dos chimpanzés e gorilas, o que favorece a ideia de que ainda eram capazes de escalar árvores de forma eficiente, apesar de serem bípedes. A capacidade craniana era em torno de 380 a 450 cm^3 (cerca de três vezes menor do que a do homem atual). Não fabricavam instrumentos e viviam no campo aberto (savanas africanas).

O registro fóssil mostra que existiram diferentes espécies no gênero *Australopithecus*: *A. ramidus*, *A. afarensis*, *A. africanus*, *A. robustus*, *A. boisei*.

O esqueleto fóssil mais completo de um australopiteco ou australopitecíneo, de aproximadamente 3,5 milhões de anos, foi descoberto na Etiópia em 1974. Trata-se do esqueleto de uma jovem fêmea, pertencente à espécie *Australopithecus afarensis*, que ficou conhecida como "Lucy", porque no momento da descoberta o pesquisador estava ouvindo a música dos Beatles, "Lucy in the sky with diamonds".

Dos australopitecos partiu a linha evolutiva que deu origem aos representantes mais primitivos do gênero *Homo,* que, inclusive, foram contemporâneos de algumas espécies de australopitecos. Conviveram juntos talvez por meio milhão de anos.

Duas grandes mudanças acompanharam a evolução do *Homo* a partir dos australopitecos: o aumento no tamanho do corpo e o aumento do volume craniano.

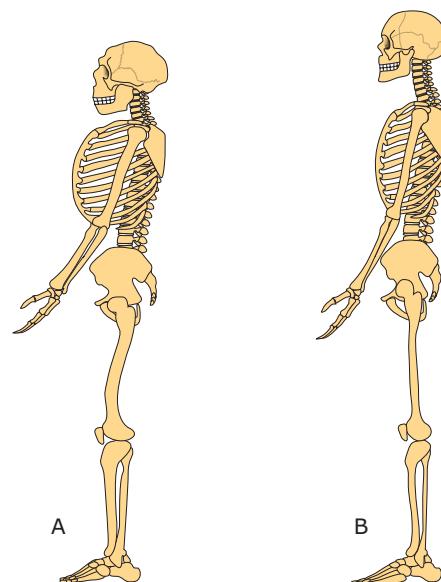
Volume do crânio de diferentes hominídeos *– Perceba um aumento relativo do crânio em relação à diminuição do tamanho da face e do maxilar inferior.* ***A.*** **Australopithecus africanus** *– Possuíam uma capacidade craniana de 380 a 450 cm^3, muito similar à de chimpanzés e gorilas atuais;* ***B.*** **Homo erectus** *– Tinham maxilares menos proeminentes do que o* H. habilis. *Suas pregas supraorbiculares ou arcos supraciliares (protuberância óssea em torno das órbitas oculares) eram muito grandes*

e sua capacidade craniana tinha cerca de 850 a 1 000 cm³; ***C.* Homo neanderthalensis** *– Tinham pregas supraorbiculares proeminentes e maxilares salientes. Sua capacidade craniana era em torno de 1450 cm³;* ***D. Homem de Cro-Magnon*** **(Homo sapiens)** *– Crânio arredondado, testa ampla com volume craniano, aproximadamente, de 1 350 cm³.*

Os primeiros integrantes da linhagem *Homo* surgiram na África há cerca de 2 milhões de anos, e a espécie recebeu o nome de *Homo habilis* devido a sua habilidade de fabricar ferramentas rudimentares (de pedra lascada, quebrada de modo a ficar com uma borda afiada). Tais ferramentas foram encontradas junto aos seus fósseis. Provavelmente, essas ferramentas eram usadas para raspar e cortar alimentos. Tudo indica que, ao contrário dos australopitecos de hábitos vegetarianos, os *H. habilis* também incluíram a carne em sua alimentação. Possuíam um volume craniano maior do que o dos australopitecos.

Há cerca de 1,8 milhão de anos, surgiu o *Homo erectus*, provavelmente descendente do *H. habilis*. Tudo indica que foi o primeiro *Homo* a migrar e a ocupar diferentes continentes, uma vez que seus fósseis foram encontrados na África Oriental, na China (Homem de Pequim) e em Java (Homem de Java). Eram mais altos do que o *H. habilis*. Fabricavam ferramentas mais bem-elaboradas, dotadas de cabos (machados de mãos) e com grande variedade de formatos. Vestiam-se com peles de animais, moravam em cavernas e já tinham o domínio do fogo (construíam fogueiras).

Alguns autores acreditam que, à medida que se expandia e aumentava em número, o *H. erectus* deve ter exterminado o *H. habilis*.

Por volta de 500 mil anos atrás, descendente do *H. erectus*, surge na Europa uma nova espécie: o *Homo heidelbergensis*. Os poucos achados fósseis dessa espécie sugerem que foi uma espécie grande e robusta.

Aproximadamente há 300 mil anos, representantes do gênero *Homo*, com crânios mais arredondados, provavelmente descendentes do *H. erectus*, surgem na África e na Ásia. Foram batizados de *Homo sapiens* arcaicos. Distinguem-se do *H. erectus* pelo seu crânio mais alto, arredondado e com um volume maior (1 100 a 1 400 cm³). Acredita-se que tenham sido tão robustos e musculosos quanto o *H. erectus*.

Há cerca de 150 mil anos surge o *Homo neanderthalensis* (Homem de Neandertal). Receberam essa denominação porque os primeiros fósseis desse grupo foram encontrados na região de Neander, na Alemanha. Acredita-se que o *H. neanderthalensis* tenha evoluído a partir do *H. heidelbergensis*. Os neandertalenses viveram até cerca de 30 mil anos atrás. Sua maior concentração se deu na Europa, apesar de fósseis também terem sido encontrados em áreas da Ásia. Seus fósseis mostram que eram baixos e robustos com capacidade craniana um pouco maior que a do homem moderno. Usavam ferramentas e armas elaboradas, indicando que deveriam ser bons caçadores. Provavelmente, já possuíam algum tipo de comunicação verbal, uma vez que a sua laringe era semelhante à do homem atual. Já possuíam um certo grau de cultura. Enterravam seus mortos com flores, roupas e utensílios supostamente pertencentes ao morto. São também conhecidos como "homens das cavernas". A espécie enfrentou períodos de mudanças nas condições climáticas do planeta (período de glaciação).

OBSERVAÇÃO

Durante muito tempo, o *H. neanderthalensis* foi considerado uma subespécie da espécie *Homo sapiens*, sendo denominado cientificamente como *Homo sapiens neanderthalensis*. Entretanto, estudos mais recentes, baseados em análise de DNA mitocondrial, recuperado a partir do osso de um neandertal, mostram significativas diferenças em relação ao DNA de seres humanos modernos e sugerem que os neandertalenses constituíram uma espécie separada do *H. sapiens*. Assim, há uma tendência entre os autores mais modernos de considerar o Homem de Neandertal e o homem moderno como sendo de espécies distintas. Nesse caso, então, os humanos modernos não seriam mais *Homo sapiens sapiens* (uma subespécie), mas sim *Homo sapiens*, uma espécie separada. Alguns cientistas, entretanto, ainda têm dúvidas. Para eles, a análise de um pequeno pedaço de um DNA de neandertal não pode ser uma prova definitiva de que ele pertencesse a outra espécie e, dessa forma, continuam considerando a existência de duas subespécies: *Homo sapiens neanderthalensis* e *Homo sapiens sapiens* (homem moderno).

Reconstrução dos esqueletos de um Homem de Neandertal (A) e de um homem moderno (B) (redesenhado do livro de W. Le Gros Clark, *History of the Primates*, Trustees of the British Museum).

Na história evolutiva do homem, o *Homo sapiens* moderno, espécie à qual pertencem os homens atuais, entrou em cena há, aproximadamente, 100 mil anos. Acredita-se que tenham evoluído do *Homo sapiens* arcaico. Seus fósseis mais antigos foram encontrados na localidade de Cro-Magnon, na França, vindo daí o fato de os primeiros representantes desse grupo serem conhecidos por homens de Cro-Magnon. Aparecem primeiro na África do Sul e no Oriente Médio. Fabricavam ferramentas mais sofisticadas. Além de pedras, utilizavam também ossos e marfim para confeccionar pontas de lanças, arpões e anzóis para a pesca. São também responsáveis por uma série de trabalhos artísticos, como esculturas em marfim e pinturas nas paredes das cavernas, retratando animais, a caça e figuras humanas. Muitas dessas pinturas foram feitas com pigmentos minerais misturados à gordura animal. Já foram encontradas pinturas que datam de 28 000 a 10 000 anos atrás.

Durante certo tempo, o *Homo sapiens* moderno conviveu com o *Homo neanderthalensis*. Entretanto, há cerca de 30 000 anos, os neandertalenses desapareceram. Tal desaparecimento ainda é cercado de mistérios. Alguns acreditam que se extinguiram devido a guerras e competições com grupos de *H. sapiens*. Para outros especialistas, a extinção dos neandertalenses foi um fenômeno complexo, assim, não pode ser atribuída a uma única causa do tipo "humanos modernos os mataram". Outros fatores, como mudanças climáticas, podem ter contribuído para sua extinção.

Há cerca de 50 000 anos, o homem moderno já havia colonizado a Europa, a Ásia, a África e até a Austrália. Por volta de 15 000 a 40 000 anos atrás, grupos de humanos vindos da Ásia atravessaram o Estreito de Bering e chegaram ao continente americano.

Habitando diferentes regiões do planeta e sendo submetidas a diferentes pressões de seleção, as populações humanas se diversificaram geneticamente e morfologicamente, dando origem às diferentes "raças geográficas" (branca, negra, amarela).

Há cerca de 10 000 anos, o homem deixou de ser apenas caçador. Desenvolveu a agricultura e passou a domesticar animais. O aumento da densidade populacional fez surgir as primeiras aldeias, as primeiras cidades e, consequentemente, as primeiras civilizações, com o desenvolvimento de diversas culturas. A partir daí, o homem começou a modificar o meio em que vive e a influenciar o futuro da sua e de outras espécies.

A evolução não para. O homem continua evoluindo. Tem passado por mudanças culturais importantes, adquirido novos conhecimentos científicos e desenvolvido novas tecnologias. Entretanto, esses avanços científicos e tecnológicos podem ser usados para o seu próprio bem ou para sua destruição. Caberá a ele decidir a respeito do seu futuro.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFG) Julgue os itens a seguir como **VERDADEIROS (V)** ou **FALSOS (F)**.

O processo evolutivo da espécie humana não é totalmente conhecido pela ciência, porém sabe-se que o *Homo sapiens*

( ) viveu numa atmosfera primitiva rica em metano, submetida a altas temperaturas e com muitas descargas elétricas.

( ) tem sua origem explicada pela teoria da geração espontânea ou abiogênese.

( ) é um eucarionte, heterótrofo, com digestão extracelular e circulação dupla, completa e fechada.

( ) possui capacidade diferente de se adaptar às condições impostas pelo ambiente.

02. (UFPE) Em relação à evolução do homem, indique as proposições **CORRETAS**.

A) O gênero *Homo* tem como ancestrais os australopitecos.

B) Os primeiros homens anatomicamente idênticos ao homem atual, provavelmente, surgiram há mais de 500 000 anos.

C) Todos os fósseis atribuídos a ancestrais do homem são de gêneros diferentes.

D) O desenvolvimento da capacidade de comunicação propiciou a evolução cultural.

E) O *Homo sapiens* se relaciona estreitamente com chimpanzés e gorilas.

03. (FESPSP-SP) A sequência hierárquica das categorias taxonômicas do homem é

A) Primata, Mammalia, Hominidae, Chordata, *Homo sapiens*, *Homo*.

B) *Homo sapiens*, *Homo*, Hominidae, Chordata, Mammalia, Primata.

C) Chordata, Mammalia, Primata, Hominidae, *Homo*, *Homo sapiens*.

D) *Homo sapiens*, Hominidae, *Homo*, Mammalia, Chordata, Primata.

E) Chordata, Primata, Mammalia, Hominidae, *Homo*, *Homo sapiens.*

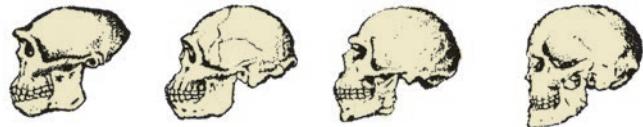
04. (UFES) Ao longo do processo evolutivo do homem, várias mudanças adaptativas ocorreram. As afirmativas a seguir se referem a algumas delas. Assinale a **INCORRETA**.

A) A adoção da postura ereta e o aperfeiçoamento das mãos possibilitaram o uso regular de instrumentos para obtenção de alimentos.

B) As modificações nos dentes, na arcada dentária e nos hábitos alimentares contribuíram para o aumento da capacidade de adaptação.

C) A postura bípede foi decorrente de um aumento do cérebro e da inteligência, acompanhado de alterações no esqueleto.

D) As alterações no ritmo do desenvolvimento dos humanos resultaram na necessidade de um período mais prolongado de cuidados maternais.

E) O aumento da capacidade craniana e o desenvolvimento dos centros da inteligência propiciaram um aumento na capacidade de comunicação e de comportamento comunitário organizado.

05. (UEPG-PR–2010) No estudo da evolução humana, tem-se em mãos, atualmente, apenas um conjunto de hipóteses. O enredo da história da espécie humana vem sendo reformulado constantemente, de acordo com as novas descobertas. Hipóteses vêm sendo reavaliadas e reconstruídas, de forma que fiquem cada vez mais coerentes com as informações existentes. Sobre o polêmico assunto, assinale as afirmativas que vêm sendo consideradas **VERDADEIRAS.**

01. Acredita-se que os primeiros mamíferos tenham surgido há mais de 200 milhões de anos. Há mais ou menos 60 milhões de anos apareceram os ancestrais dos primatas, os prossímios, provavelmente bem adaptados à vida nas árvores. Os prossímios atuais, também chamados lêmures, são abundantes na ilha de Madagascar e podem nos dar a ideia de como teriam sido os primeiros primatas.

02. É considerada atualmente falsa a afirmação popular de que "o homem provém do macaco". Pode-se dizer que o homem e os macacos atuais tiveram, um dia, ancestrais comuns.

04. Os pongídeos são os macacos mais parecidos com os seres humanos. Compreendem os gibões das florestas asiáticas, os orangotangos encontrados na Indonésia, os gorilas e os chimpanzés, que vivem em florestas africanas. Todos os pongídeos são maiores que os demais macacos e têm também o cérebro maior que os demais macacos, proporcionalmente ao tamanho do corpo.

08. Com exceção dos prossímios, todos os demais primatas são reunidos sob nome de antropoides, que, por sua vez, dividem-se em dois grupos, os pongídeos (que abrange os macacos do Novo Mundo e os macacos do Velho Mundo) e os hominídeos (dos quais sobrou apenas o homem moderno, a espécie *Homo sapiens*).

Soma ( )

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) A figura representa uma sequência de crânios que evidencia a evolução do homem.

Todas as alternativas apresentam características que foram utilizadas para estabelecer essa sequência, **EXCETO**

A) arco supraciliar.

B) posição da órbita ocular.

C) projeção das mandíbulas.

D) tamanho do cérebro.

02. (Fatec-SP) O fato de os *Australopithecus* selecionarem determinadas pedras para o seu uso

A) permite considerá-los hominídeos.

B) é indício de certo grau de raciocínio.

C) é consequência direta da postura ereta.

D) é evidência de que viviam, provavelmente, isolados.

E) é evidência suficiente para colocá-los à parte dos antropoides.

03. (Fafeod-MG) *Os parentes distantes do homem, os "X", já andavam sobre dois pés é possuíam mandíbula semelhante à nossa. Porém, apresentavam um cérebro com apenas 450 cm³ e sua face era projetada (prognata), tipicamente característica de pongídeo, razão por que foram chamados de intermediários. Não fabricavam instrumentos nem conheciam o fogo.*

ESTADO DE MINAS, 22 out. 1989.
Prof. Paulo Márcio Novaes – ICB/UFMG.

No texto anterior, o indivíduo "X" é o

A) *Homo* sp.

B) pliopiteco.

C) chimpanzé.

D) *Homo erectus*.

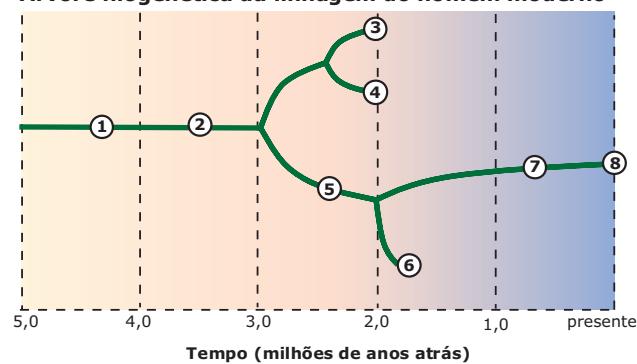
E) *Australopithecus*.

04. (FMIt-MG)

I. *Homo erectus*

II. *Homo sapiens*

III. *Homo neanderthalensis*

Podemos dizer que os indivíduos anteriores pertencem

A) à mesma espécie.

B) ao mesmo gênero.

C) à mesma família.

D) à mesma classe.

E) Três das alternativas estão corretas.

BIOLOGIA

05. (UFPI) A evolução biológica, amplamente aceita pelos cientistas, é a melhor explicação para a enorme variação dos organismos vivos. No entanto, muitas pessoas leigas ainda se sentem confusas em relação à Teoria da Evolução. Indique a alternativa que **MELHOR** responderia, com base na Teoria de Darwin, à seguinte indagação cética: "Se o homem veio do macaco, por que ainda existem macacos hoje?"

A) Algumas espécies de macacos sofreram pressões seletivas diferentes, porém certamente convergirão para a espécie humana.

B) O homem não evoluiu dos macacos modernos, mas compartilhou com eles um ancestral comum, uma espécie que não existe mais.

C) Os macacos modernos, apesar de pertencerem a espécies diferentes da humana, possuem carga genética muito semelhante.

D) Os macacos modernos são produtos de uma evolução inacabada, enquanto o homem já atingiu seu ápice.

E) Os macacos modernos certamente não chegaram a cruzar com os humanos.

06. (PUC RS) Registros encontrados na África de ossadas fósseis de *Australopithecus* (do latim: *australis* = do sul + *pithecus* = macaco) são evidências de que o homem teve sua origem evolutiva nesse continente. A teoria da origem africana propõe que o ser humano moderno (*Homo sapiens*) surgiu há cerca de 130 mil anos na África e dispersou-se por outros continentes há cerca de 100-60 mil anos.

Árvore filogenética da linhagem do homem moderno

(1) *Australopithecus anamensis*
(2) *Australopithecus afarensis*
(3) *Australopithecus boisei*
(4) *Australopithecus robustus*
(5) *Australopithecus garhi*
(6) *Homo habilis*
(7) ____________
(8) *Homo sapiens*

Evidências científicas indicam atualmente a árvore filogenética da linhagem do homem moderno conforme a representação anterior, na qual o número 7 corresponde à espécie

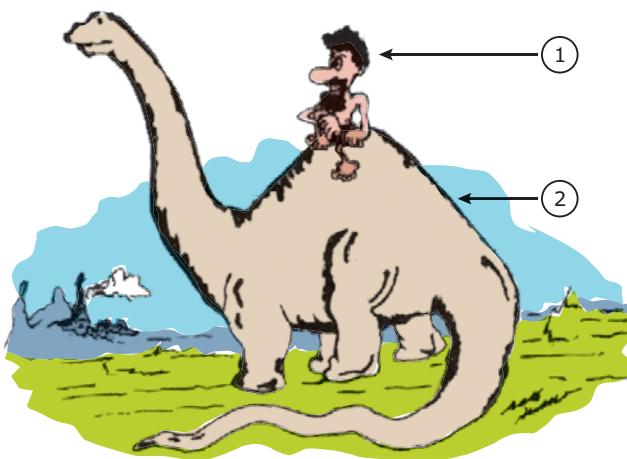
A) *Homo neanderthalensis.*

B) *Australopithecus habilis.*

C) *Australopithecus erectus.*

D) *Australopithecus sapiens.*

E) *Homo erectus.*

07. (PUC RS)

Em 1861, a sociedade não aceitou a proposta de Darwin, a qual sugeria que

A) os homens seriam mais evoluídos que os macacos.

B) os homens e os macacos possuiriam um ancestral comum.

C) os macacos poderiam vir a ser homens ao longo da evolução.

D) os macacos derivariam de hominídeos.

E) os macacos atuais seriam descendentes de homens.

08. (PUC Minas) Recentes análises do DNA de chimpanzés permitiram concluir que o homem é mais aparentado com eles do que com qualquer outro primata. Isso permite concluir que

A) o chimpanzé é ancestral do homem.

B) o chimpanzé e o homem têm um ancestral comum.

C) o homem e o chimpanzé são ancestrais dos gorilas.

D) a evolução do homem não foi gradual.

E) os chimpanzés são tão inteligentes quanto o homem.

09. (Fafeod-MG) Analise o desenho esquemático e marque a afirmativa **CORRETA**.

A) Uma das prováveis causas da extinção de 2 foi o predatismo realizado por 1.

B) 1 e 2 viveram durante muito tempo juntos, mas numa relação harmônica.

C) 1 conseguiu domesticar 2 pelo fato de ele ser herbívoro e inofensivo.

D) 1 e 2 jamais se encontraram, pois quando 1 surgiu, 2 já estava extinto.

E) Essa cena só é vista em desenho animado, pois quando 2 se extinguiu, não havia nenhum tipo de mamífero na Terra.

10. (VUNESP) A especiação do *Homo sapiens* tem pouca chance de ocorrer, considerando-se a atual condição da espécie humana. Assinale a afirmação que **MELHOR** sustenta essa hipótese.

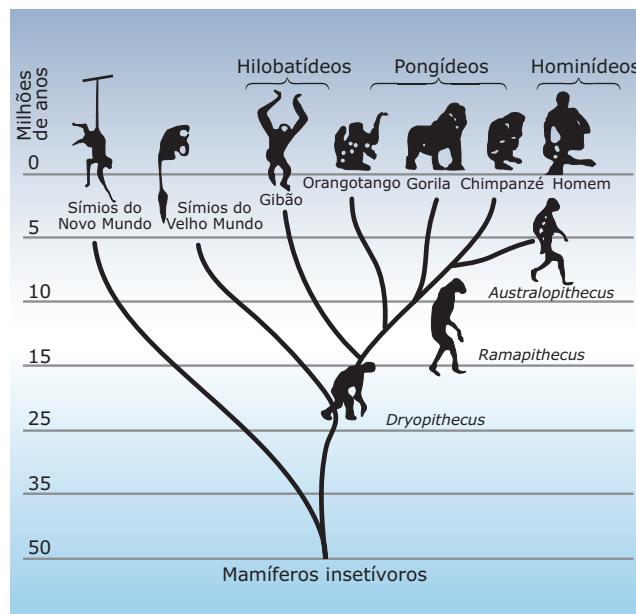
A) A ciência moderna tem eliminado as mutações humanas.

B) Os medicamentos atuais diminuem a incidência de doenças.

C) Os postulados de Darwin não se aplicam à espécie humana.

D) As alterações ambientais que favorecem a especiação são cada vez menores.

E) Os meios de locomoção e de comunicação têm diminuído ou eliminado os isolamentos geográficos.

11. (UNESP–2011) Há cerca de 40 000 anos, duas espécies do gênero *Homo* conviveram na área que hoje corresponde à Europa: *H. sapiens* e *H. neanderthalensis*. Há cerca de 30 000 anos, os neandertais se extinguiram, e tornamo-nos a única espécie do gênero. No início de 2010, pesquisadores alemães anunciaram que, a partir de DNA extraído de ossos fossilizados, foi possível sequenciar cerca de 60% do genoma do neandertal. Ao comparar essas sequências com as sequências de populações modernas do *H. sapiens*, os pesquisadores concluíram que de 1 a 4% do genoma dos europeus e asiáticos é constituído por DNA de neandertais. Contudo, no genoma de populações africanas não há traços de DNA neandertal. Isto significa que

A) os *H. sapiens*, que teriam migrado da Europa e Ásia para a África, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

B) os *H. sapiens*, que teriam migrado da África para a Europa, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

C) o *H. sapiens* e o *H. neanderthalensis* não têm um ancestral em comum.

D) a origem do *H. sapiens* foi na Europa, e não na África, como se pensava.

E) a espécie *H. sapiens* surgiu independentemente na África, na Ásia e na Europa.

SEÇÃO ENEM

Instrução: Utilize-se dos dados da figura a seguir para responder às questões **01**, **02** e **03**.

O assunto na aula de Biologia era a evolução do homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais.

01. (Enem–1998) Após observar o material fornecido pelo professor, os alunos emitiram várias opiniões, a saber:

I. Os macacos antropoides (orangotango, gorila, chimpanzé e gibão) surgiram na Terra mais ou menos contemporaneamente ao homem.

II. Alguns homens primitivos, hoje extintos, descendem dos macacos antropoides.

III. Na história evolutiva, os homens e os macacos antropoides tiveram um ancestral comum.

IV. Não existe relação de parentesco genético entre macacos antropoides e homens.

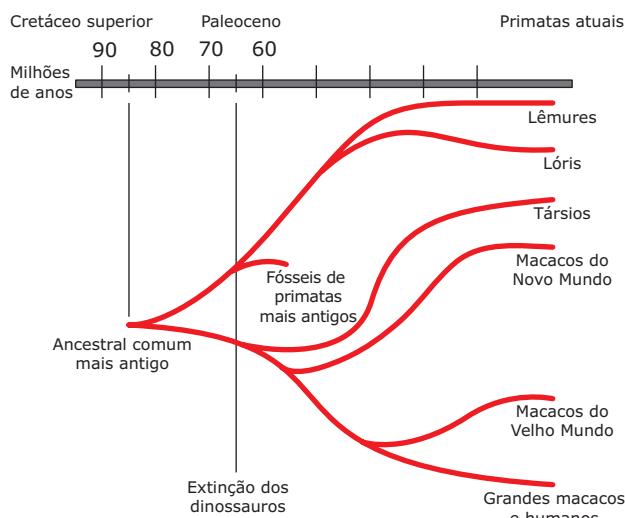
Analisando a árvore filogenética, você pode concluir que

A) todas as afirmativas estão corretas.

B) apenas as afirmativas I e III estão corretas.

C) apenas as afirmativas II e IV estão corretas.

D) apenas a afirmativa II está correta.

E) apenas a afirmativa IV está correta.

02. (Enem–1998) Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o

A) *Australopithecus*.

B) chimpanzé.

C) *Ramapithecus*.

D) gorila.

E) orangotango.

03. (Enem–1998) Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada, para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropoides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?

A) 5

B) 10

C) 15

D) 30

E) 60

04. (Enem–2005) Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito.

Examinando essa árvore evolutiva, podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente

A) 10 milhões de anos.

B) 40 milhões de anos.

C) 55 milhões de anos.

D) 65 milhões de anos.

E) 85 milhões de anos.

GABARITO

Fixação

01. F F V V

02. Estão corretas as afirmativas A, D e E.

03. C

04. C

05. Soma = 03

Propostos

01. B	04. E	07. B	10. E
02. B	05. B	08. B	11. B
03. E	06. E	09. D	

Seção Enem

01. B 02. B 03. C 04. B